VI Медицинский форум
«Актуальные вопросы врачебной практики.
Тареевские чтения»

Компьютерное моделирование прочностных свойств компактной костной ткани

Фадеев А.И., студент медицинского факультета
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»
Специальность Медицинская кибернетика 6 курс

Псков, 2020

1 Введение

Актуальность: в 2013 году в России было выявлено 1518 больных с опухолями костей, лечение таких пациентов требует хирургическое вмешательство. В большинстве случаев это калечащие операции предусматривающие имплантацию в кость масштабной укрепляющей конструкции.

Цель работы: Разработка компьютерной модели бедренной кости в норме и при паталогических изменениях костной ткани с применением инновационного метода реконструирования поражения компактной костной ткани при помощи титановой решётчатой пластины.

Задачи исследования:

1. Создать имитационную модель бедренной кости по всем характеристикам совпадающую с реальной.
2. Проанализировать нагрузку на модель в норме и при патологическом изменении в костной ткани.
3. Создать модель, улучшающую функциональные результаты лечения и качество жизни пациентов со злокачественными опухолями костей.
4. Рассчитать примерную экономическую значимость нового способа реконструирования места поражённой костной ткани.

Методы исследования

Для исследования было выбрано несколько методов, такие как:

- системный анализ
- структуризация
- метод обобщённости
- контент-анализ
- метод систематизации
- имитационный метод

Организация исследований

Схема организации исследования состояла из:

1. Постановки задачи исследования
2. Определения исходных характеристик объекта исследования
3. Выбора методов и технологий исследования
4. Построения компьютерной модели
5. Определения ситуаций подлежащих исследованию на модели
6. Организация исследований и модельных экспериментов на модели
7. Определения ситуаций подлежащих компьютерному моделированию:
   - Построение модели остеона
   - Применение к модели бедренной кости функциональных результатов остеона
   - Создание модели с поражением костной ткани
   - Эксперимент по укреплению модели, пораженной деструктивным процессом, решётчатой пластинкой

Строение костной ткани и модель остеона

Остео́н или Га́версова система — структурная единица компактного вещества, обеспечивающая её прочность.

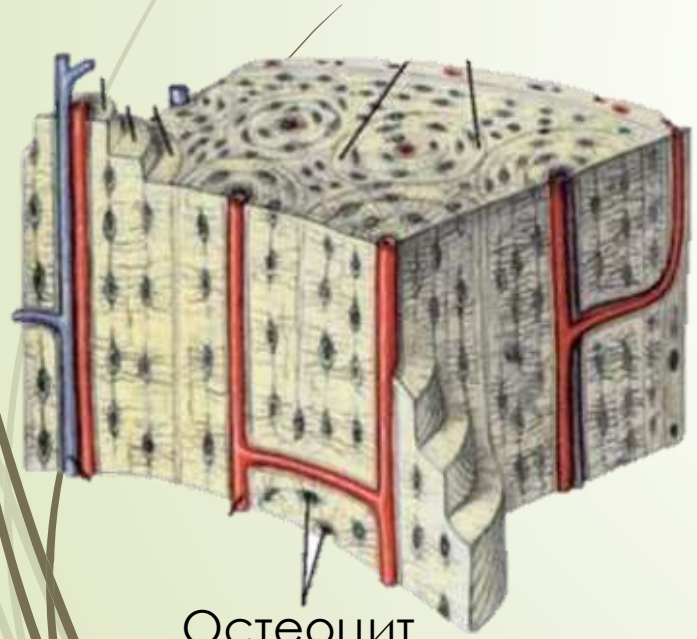


Рис.1 Компактная костная ткань

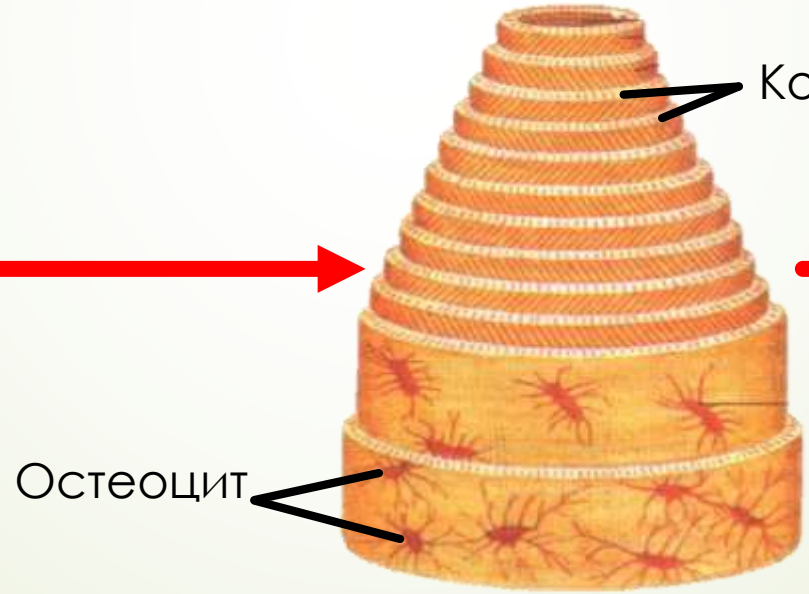


Рис.2 Остеон

Рис.3 Модель остеона

Результаты проверки физических свойств остеона

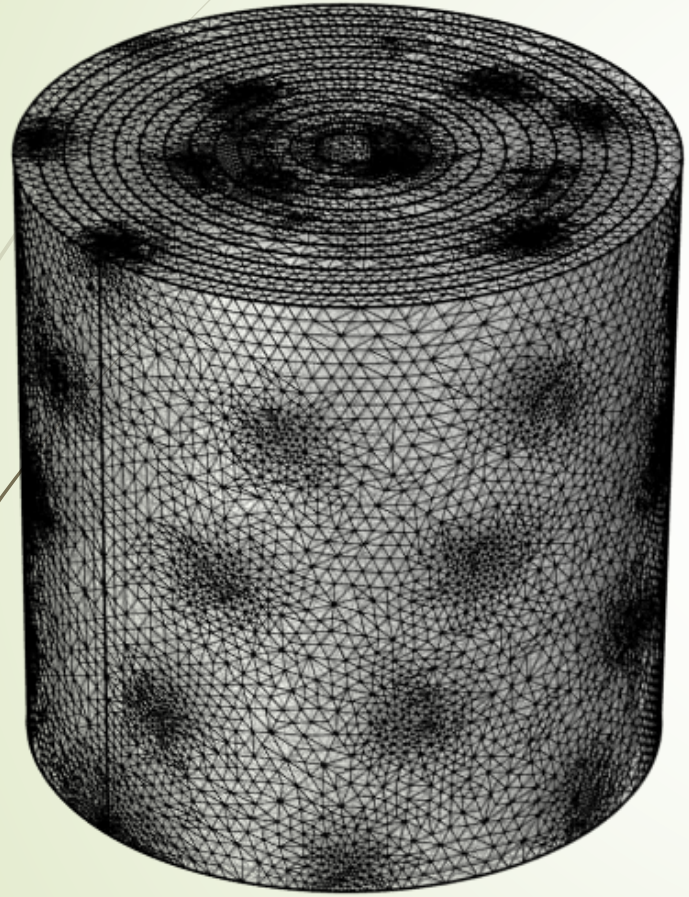


Рис.4 Расчётная сетка остеона

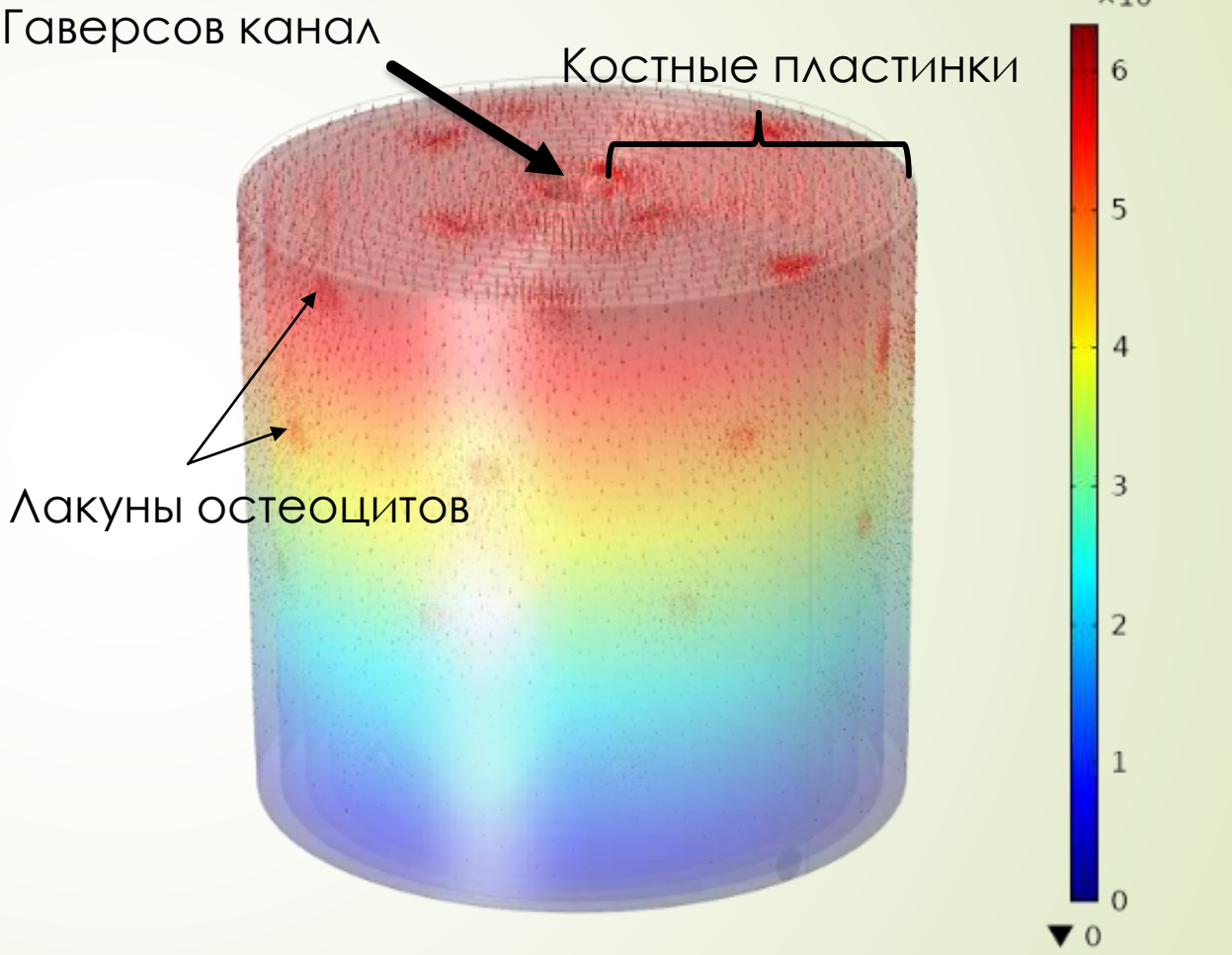


Рис.5 Эпюры расчетных эквивалентных напряжений и деформаций остеона

Результат моделирования бедренной кости

Построение моделей аналогичных реальным возможно при помощи специализированного ПО, которое может преобразовывать данные из КТ и МРТ исследований в 3D модели.

Подобные модели используются на кафедре клинической медицины ПсковГУ в анатомаже, где хранятся 3D модели органов реально существующих людей.

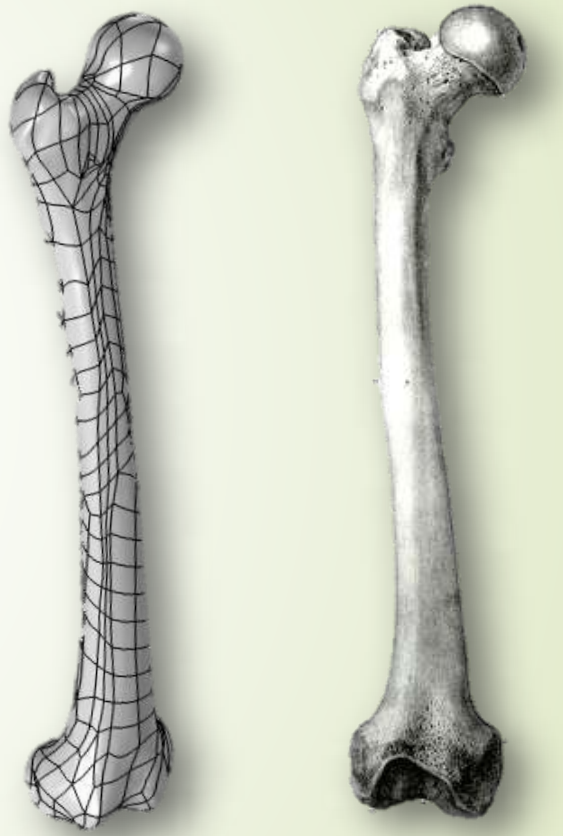


Рис. 6 Модель бедренной кости (слева)
Рис 7. Бедренная кость (справа)

Результат проверки свойств бедренной кости с применёнными на неё характеристиками остеона

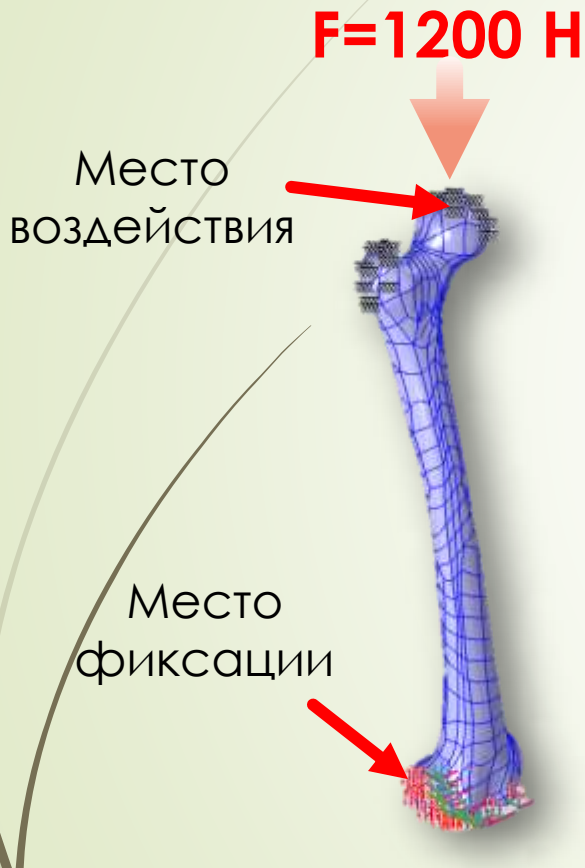


Рис. 8 Места воздействия на кость

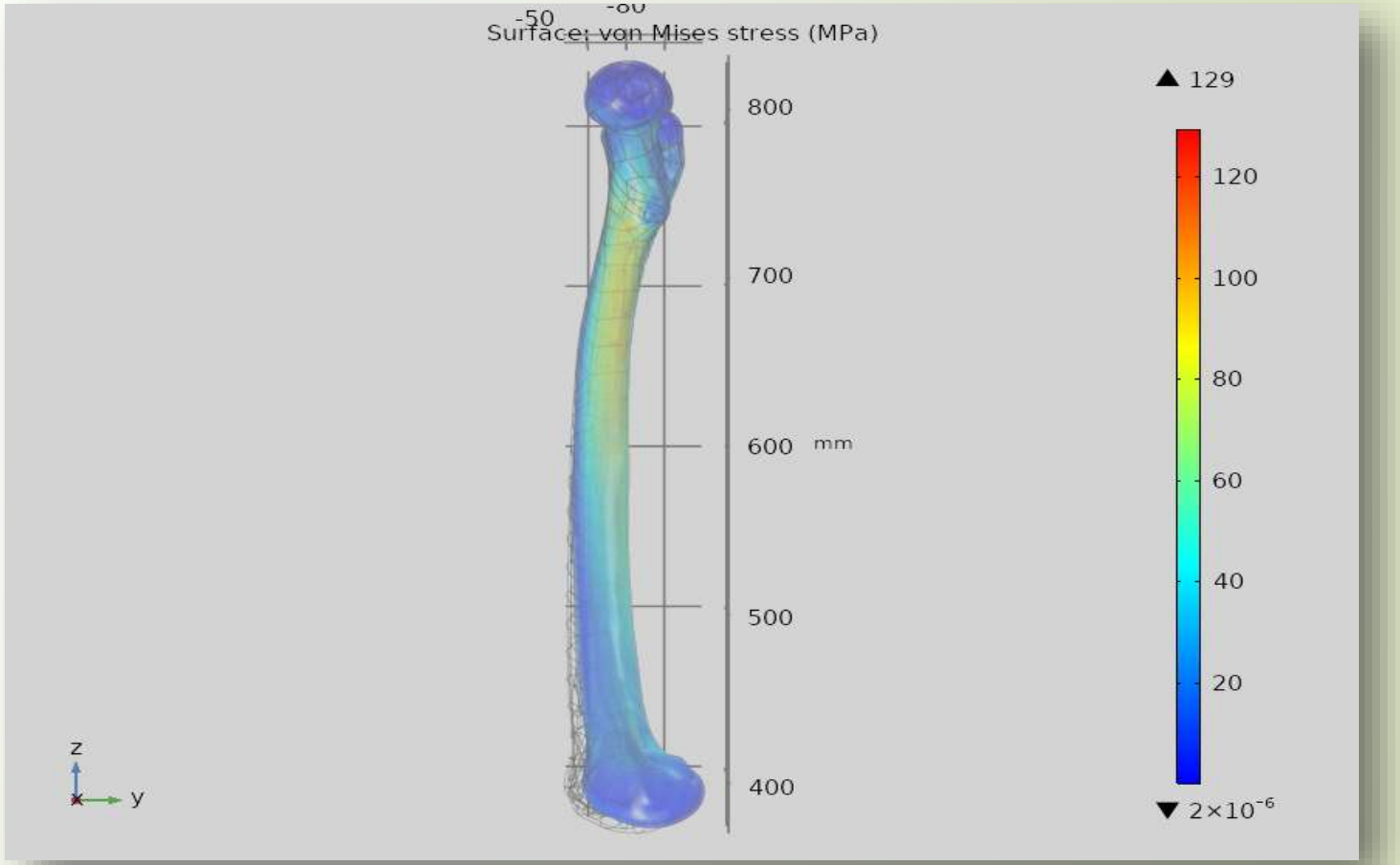


Рис. 9 Модель бедренной кости под нагрузкой

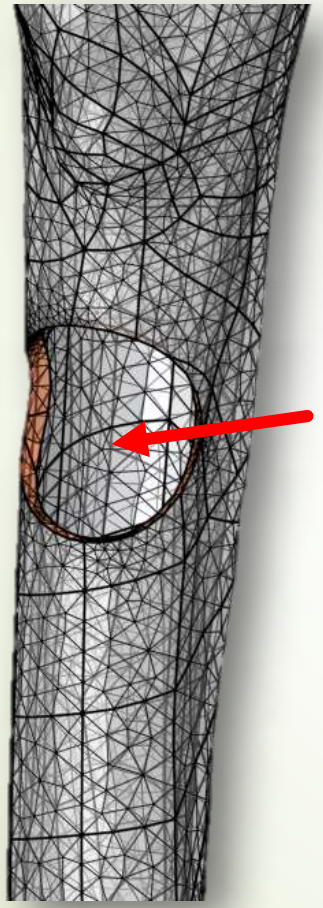
Результат моделирование поражения бедренной кости

Рис.10 Модель поражения бедренной кости (проксимальная часть)

Рис.11 Саркома Юнига бедренной кости (проксимальный отдел) МРТ

65-75% пациентов с метастатическим раком молочной железы имеют поражения в костях.

Расчётные сетки рассматриваемых мест поражения бедренной кости



Области поражения

R сферы = 15 mm

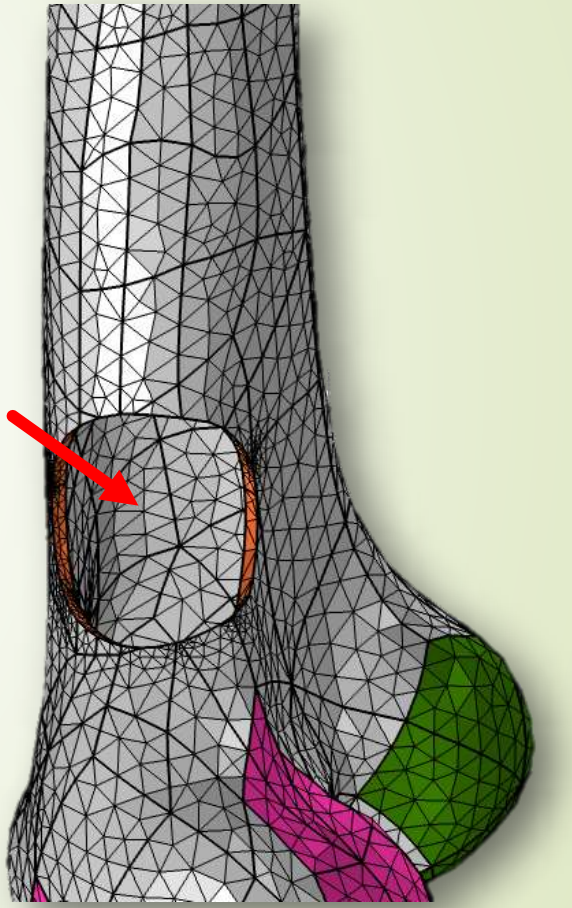


Рис.12 Расчётная сетка поражения проксимальной части диафиза

Рис.13 Расчётная сетка поражения дистальной части диафиза

Нагрузка на поражённые участки в бедренной кости

Места возможного перелома бедренной кости под нагрузкой. Видно, что нижняя часть бедренной кости лучше сопротивляется нагрузке, чем верхняя.

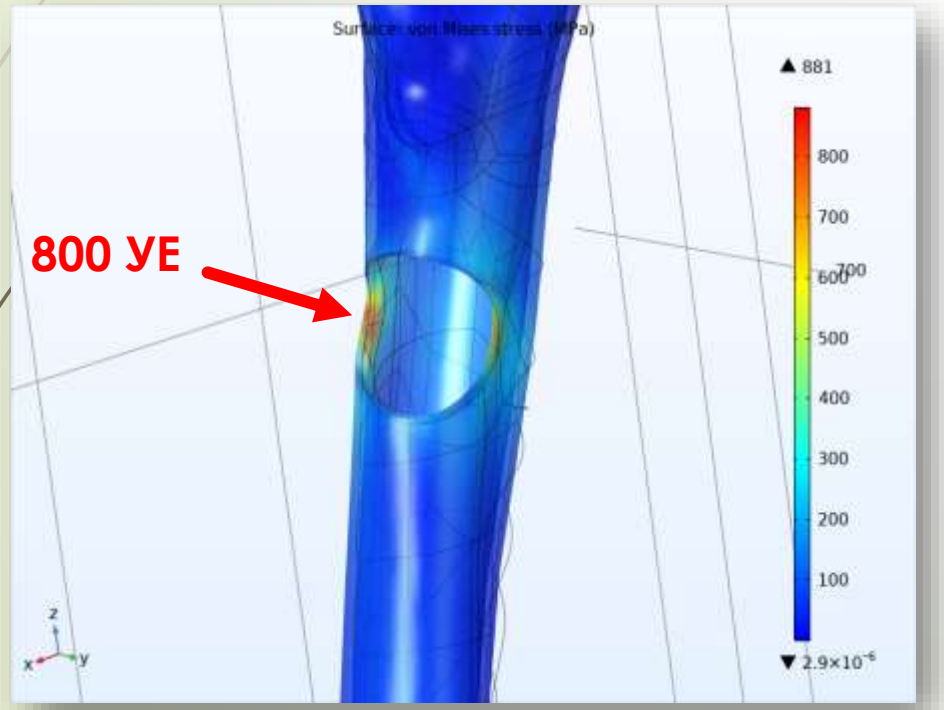


Рис.14 Нагрузка на проксимальную часть диафиза бедренной кости

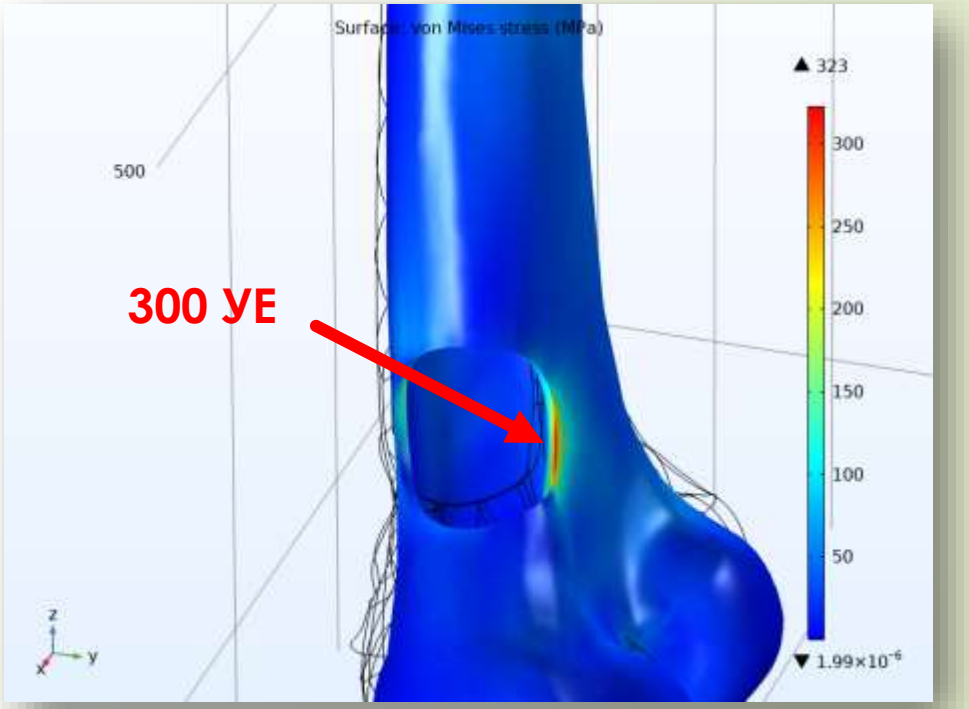


Рис.15 Нагрузка на дистальную часть диафиза бедренной кости

Моделирование титановой пластины

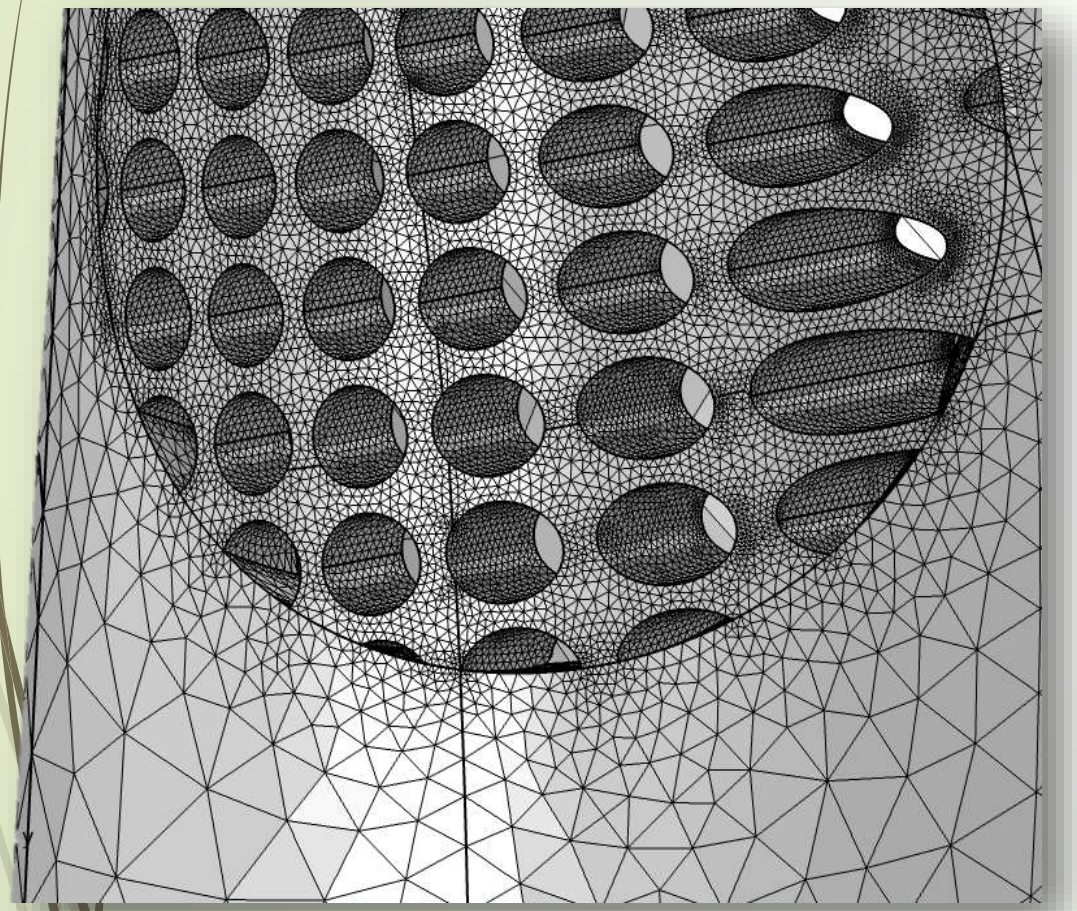


Рис.16 Пластина встроенная в костную ткань

Особенности титана применимо к хирургии:

- Плотный
- Лёгкий
- Нержавеющий
- Экономически выгодный
- Нетоксичный
- Биосовместимый (принимается организмом, не вызывает побочных реакций)
- Остеоинтегрированный (имплантат титана легко соединяется с костью)
- Гибкий и эластичный (в этом плане он даже соперничает с человеческими костями)

Укрепление модели, пораженной деструктивным процессом, пластиной и проверка её свойств

На данном сравнении видно, что пластина приняла на себя напряжение с центральной части опухолевого поражения. Места сравнения выделены красными стрелками.

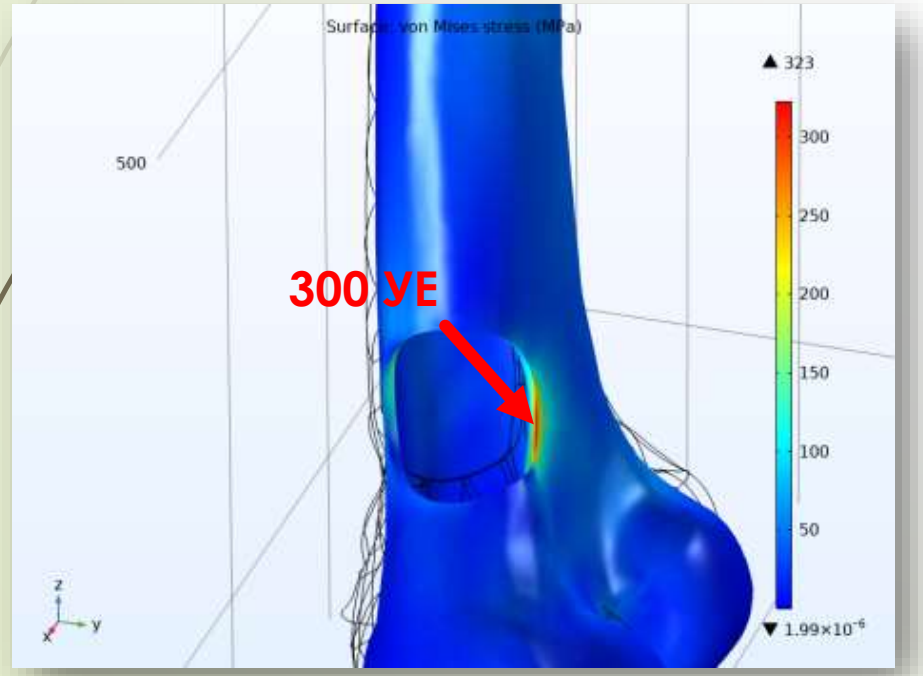


Рис. 17 Место поражения без импланта

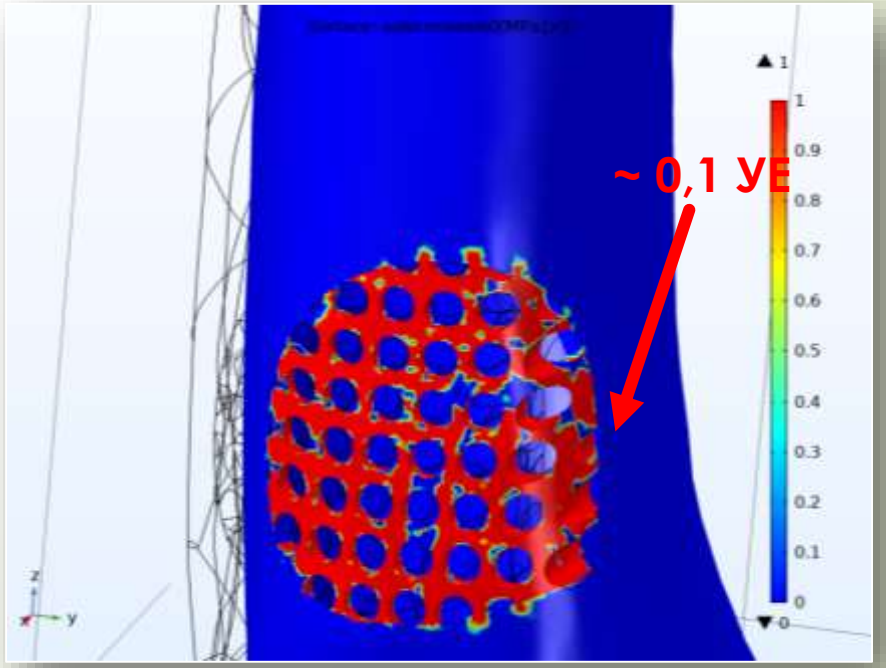
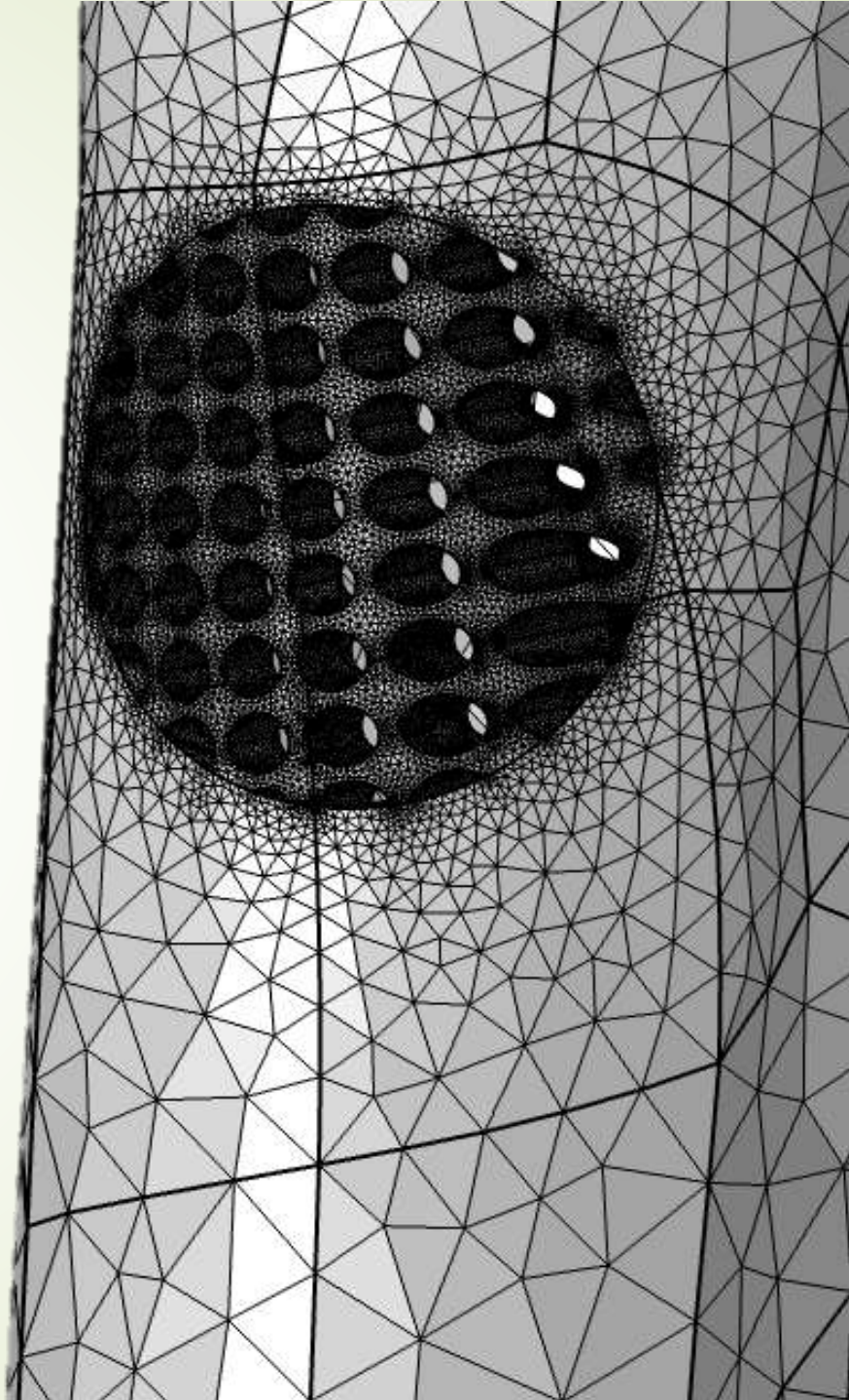
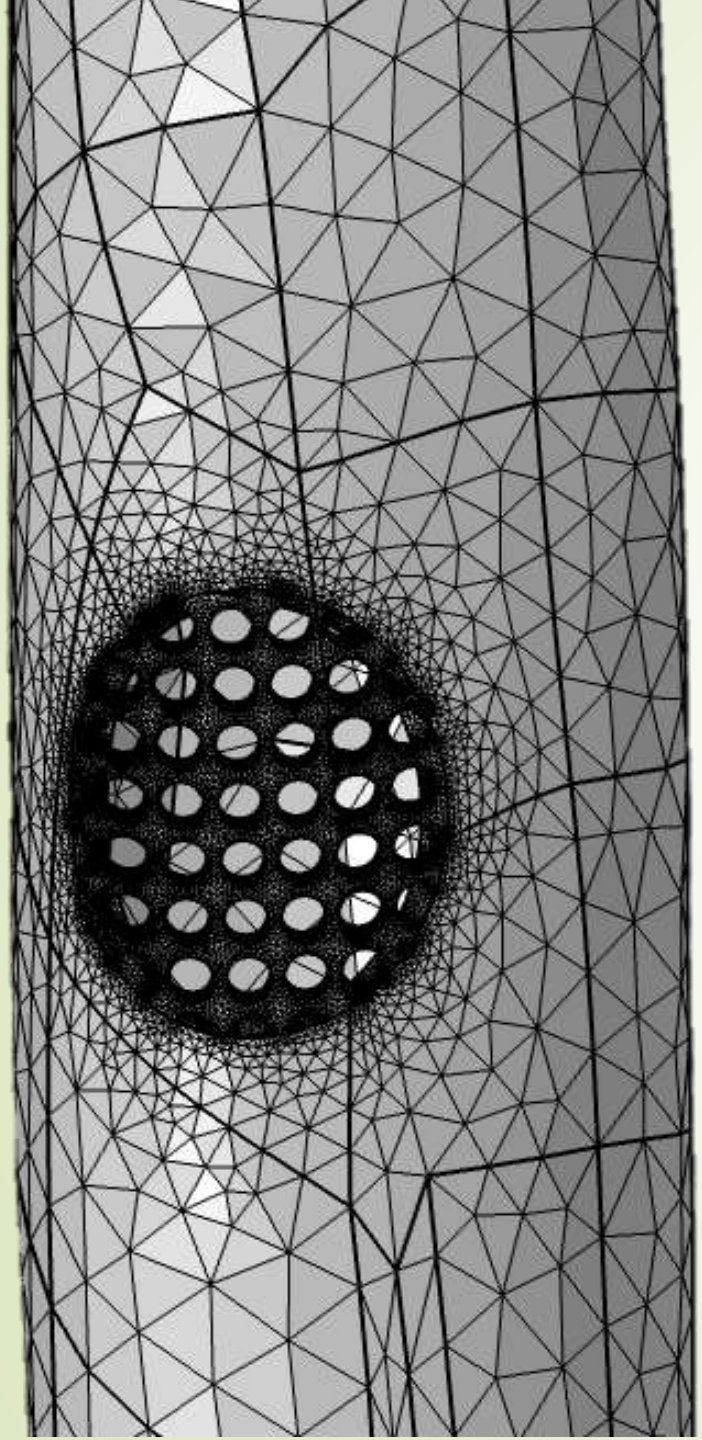


Рис. 18 Место поражения со встроенным имплантом

Экономическая значимость

В современной хирургии не существует простого способа по укреплению небольшого участка опухолевого поражения , а все аналоги конструкций слишком масштабные и дорогие в производстве





Выводы

1. Создана имитационная модель бедренной кости по всем характеристикам совпадающую с реальной
2. Проанализирована нагрузка на модель кости в норме и при патологическом изменении в костной ткани.
3. Создана модель, потенциально улучшающая функциональные результаты лечения и качество жизни пациентов со злокачественными опухолями костей.
4. Рассчитана примерная экономическая значимость нового способа реконструирования места поражённой костной ткани.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ