

Международной научно-практической  
конференции студентов, аспирантов и  
молодых ученых «Новые технологии –  
нефтегазовому региону»

# Создание моделей корня аорты для реальных пациентов с использованием 3D-печати

Лазарева С.А., Билалова И.Р., Коробейникова А.В.

12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Сергейчик О.  
И.

Тюменский Индустриальный Университет

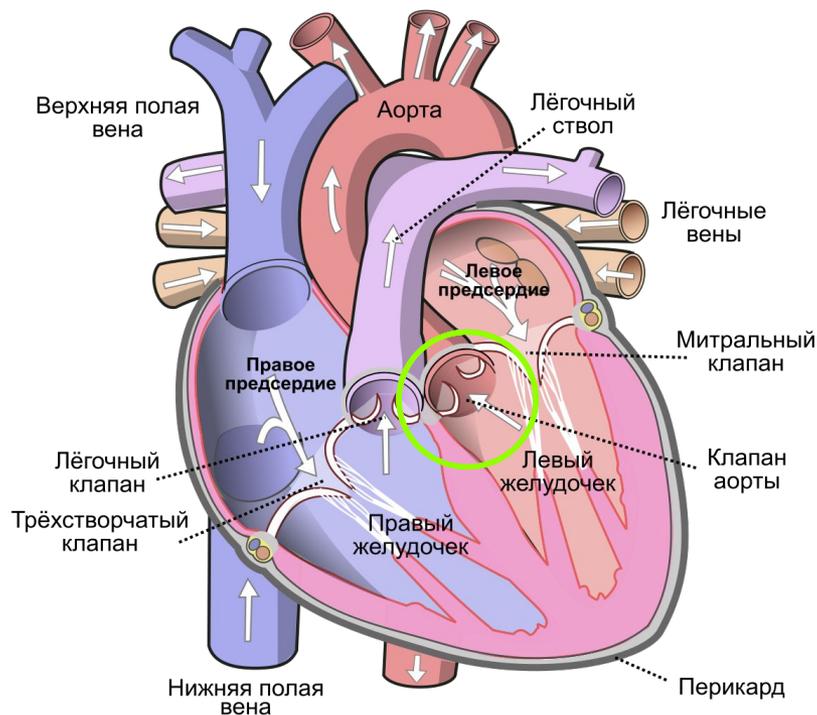
г. Тюмень

2022

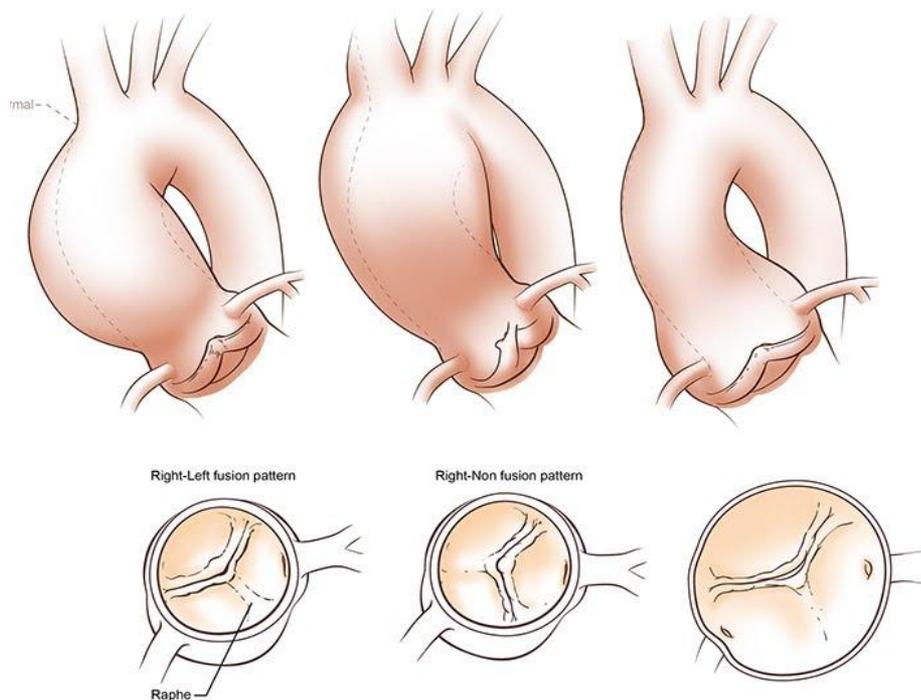
# Актуальность

- 1) Аортальные пороки сердца **третья** по частоте группа сердечных заболеваний после ИБС и ГБ;
- 2) Кальцинированный аортальный стеноз **самая распространенная** форма аортального стеноза.
- 3) Увеличение количества артериальных реконструкций: за период с 2012 г. по 2017 г. **рост на 50%**, за 2017 год прирост составил **11%**
- 4) Операция у пациентов старшей возрастной группы с различной сопутствующей патологией сопряжена с высоким уровнем госпитальной **летальности** (достигает 11-15%).

# Дегенеративный стеноз аортального клапана



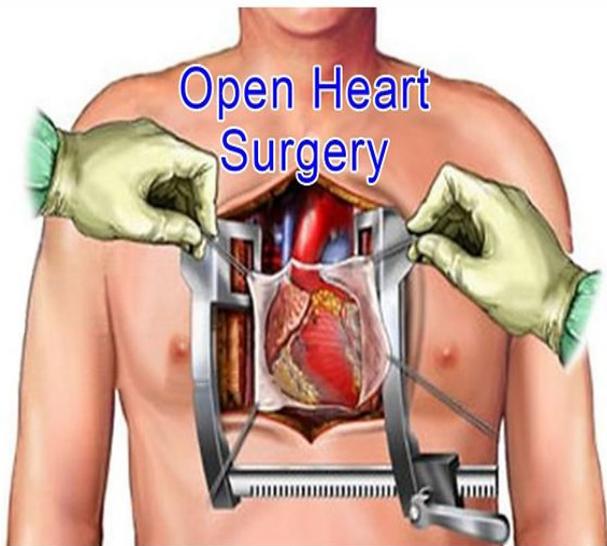
Анатомическое расположение  
клапана аорты  
(выделен зеленым цветом)



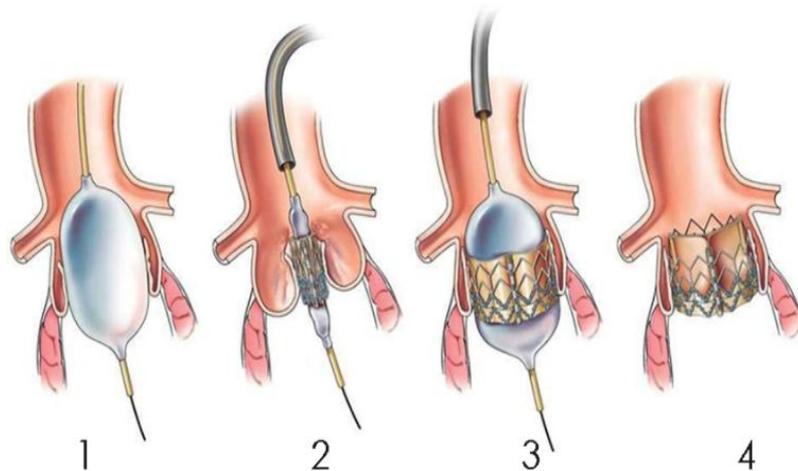
Вид стенозированного  
аортального клапана

# Протезирование аортального клапана

## SAVR



## TAVR



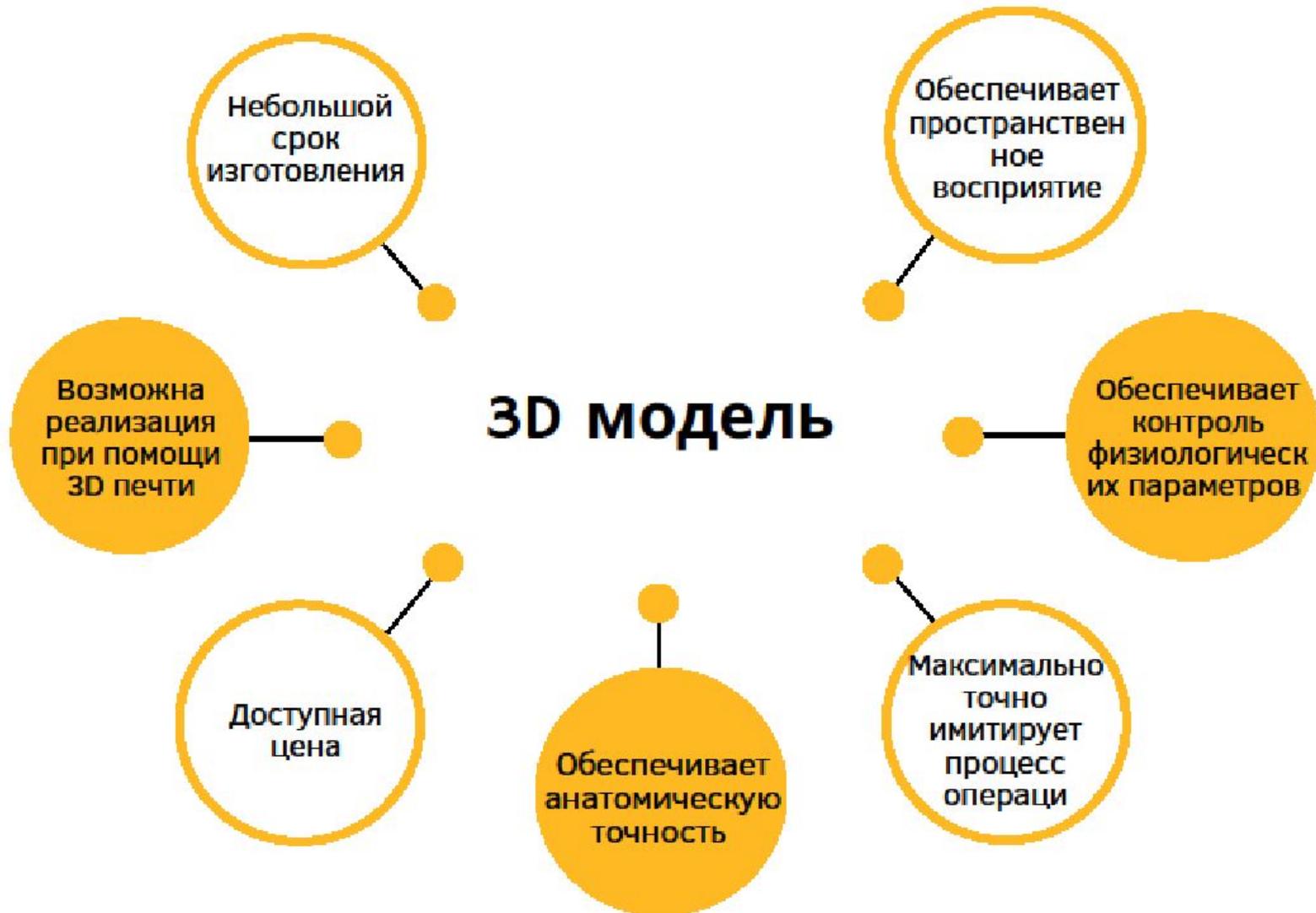
### Транскатетерная имплантация

### Открытое протезирование

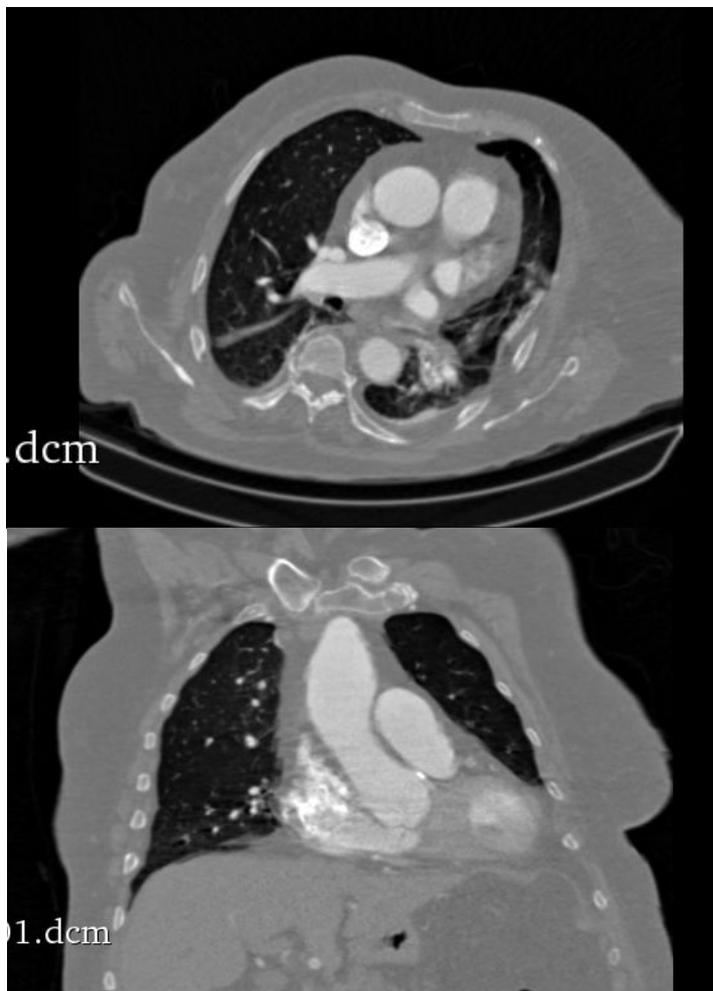
- Подключается АИК
- Риски во время операции
- Высокая вероятность осложнений.

- На работающем сердце
- Возможность осложнений из-за неправильного подбора парапротезной фистулы

# Постановка задачи



# Компьютерная томография

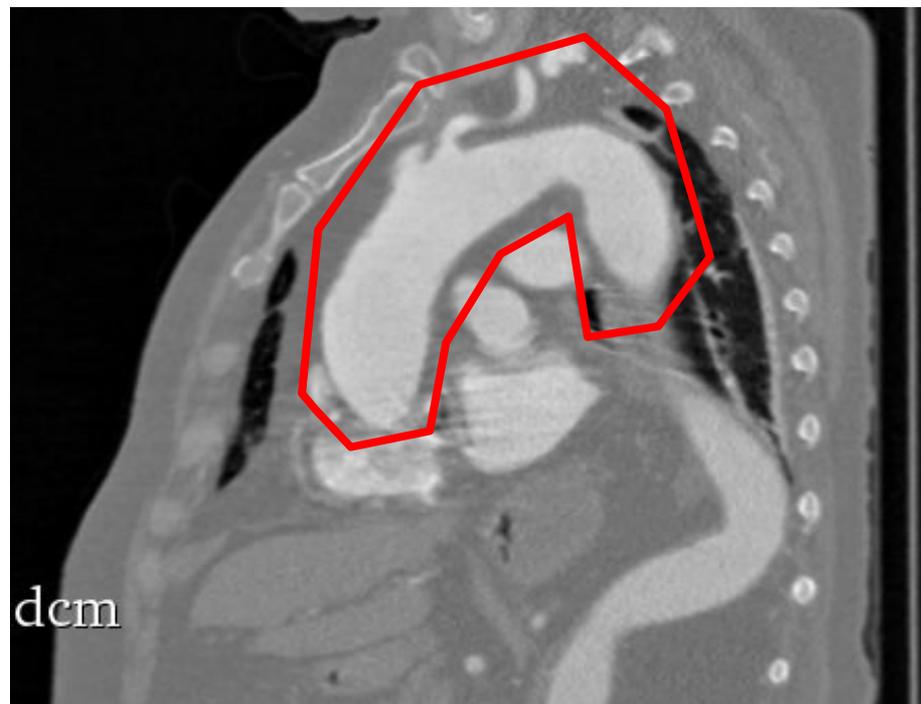
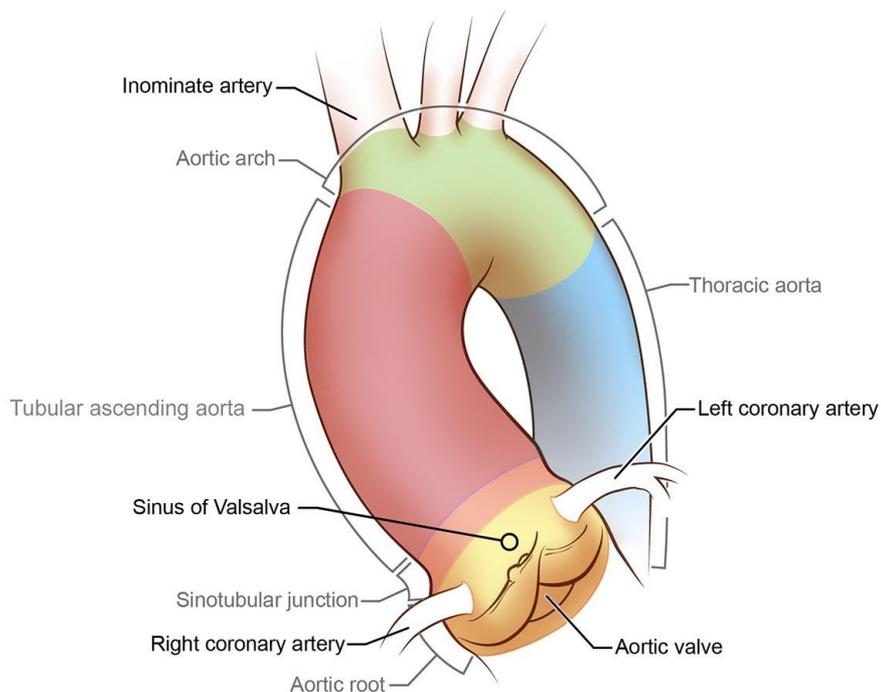


Компьютерный  
томограф

Canon Aquilion Prime SP

Результат КТ грудного отдела при  
аортальном стенозе, с контрастом

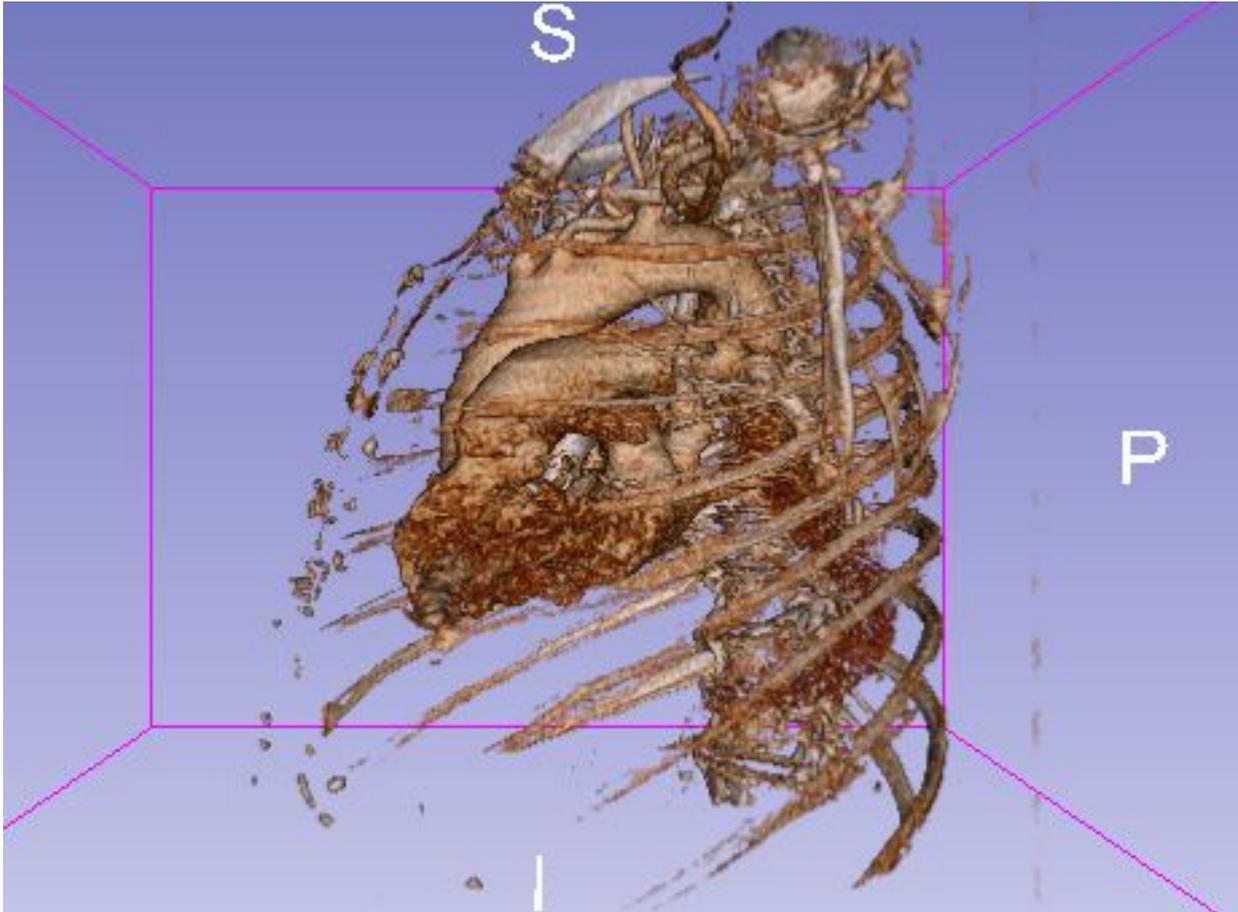
# Компьютерная томография



Анатомия грудной части  
аорты

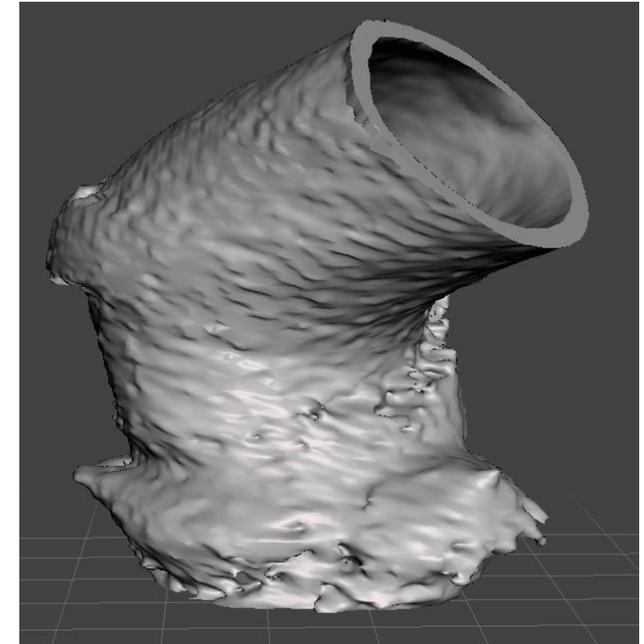
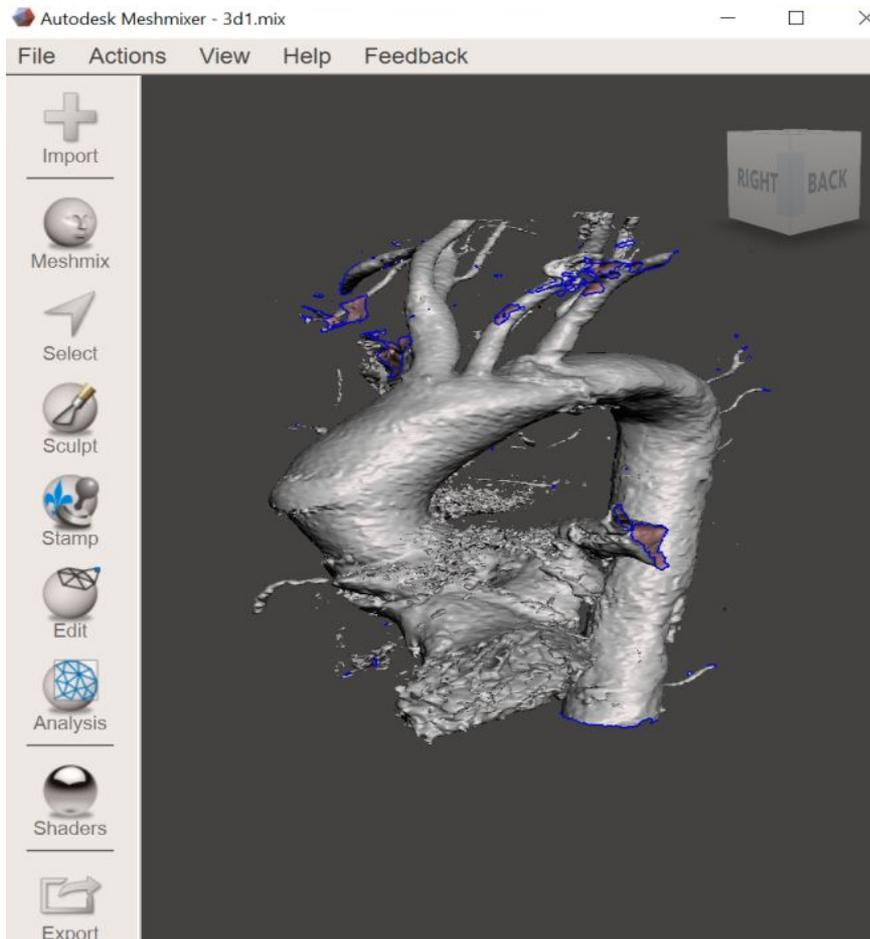
Результат КТ грудного отдела при  
аортальном стенозе, с контрастом  
(красным выделена область  
моделирования)

# 3D моделирование. Преобразование КТ снимков в 3D модели



Окно программы 3D Slicer для преобразования КТ снимков в 3D модели и их последующего анализа.

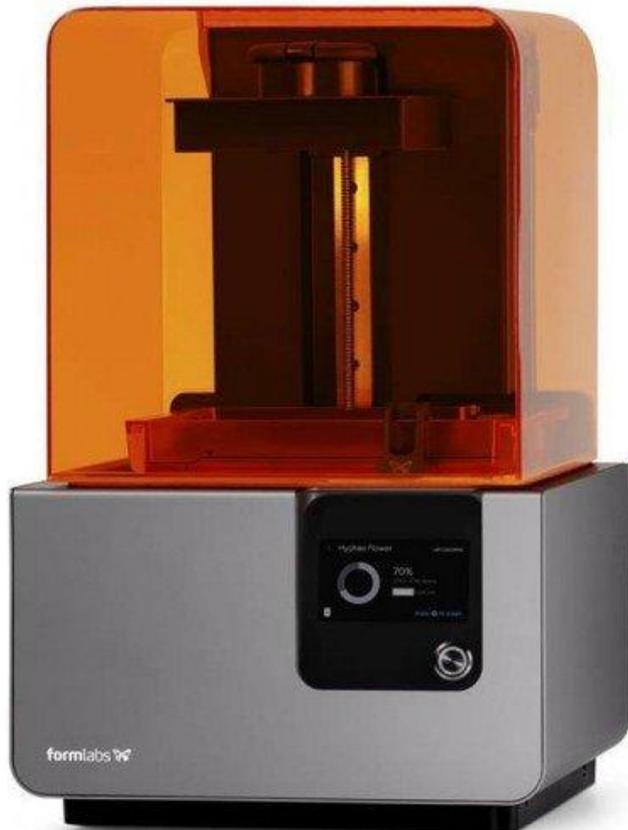
# Обработка компьютерной 3D модели



Модель корня аорты  
одного из пациентов,  
подготовленная к печати

Вид рабочего окна программы  
Autodesk Meshmixer с 3D моделью  
аорты одного из пациентов

# Изготовление моделей. Стереолитографическая 3Д печать

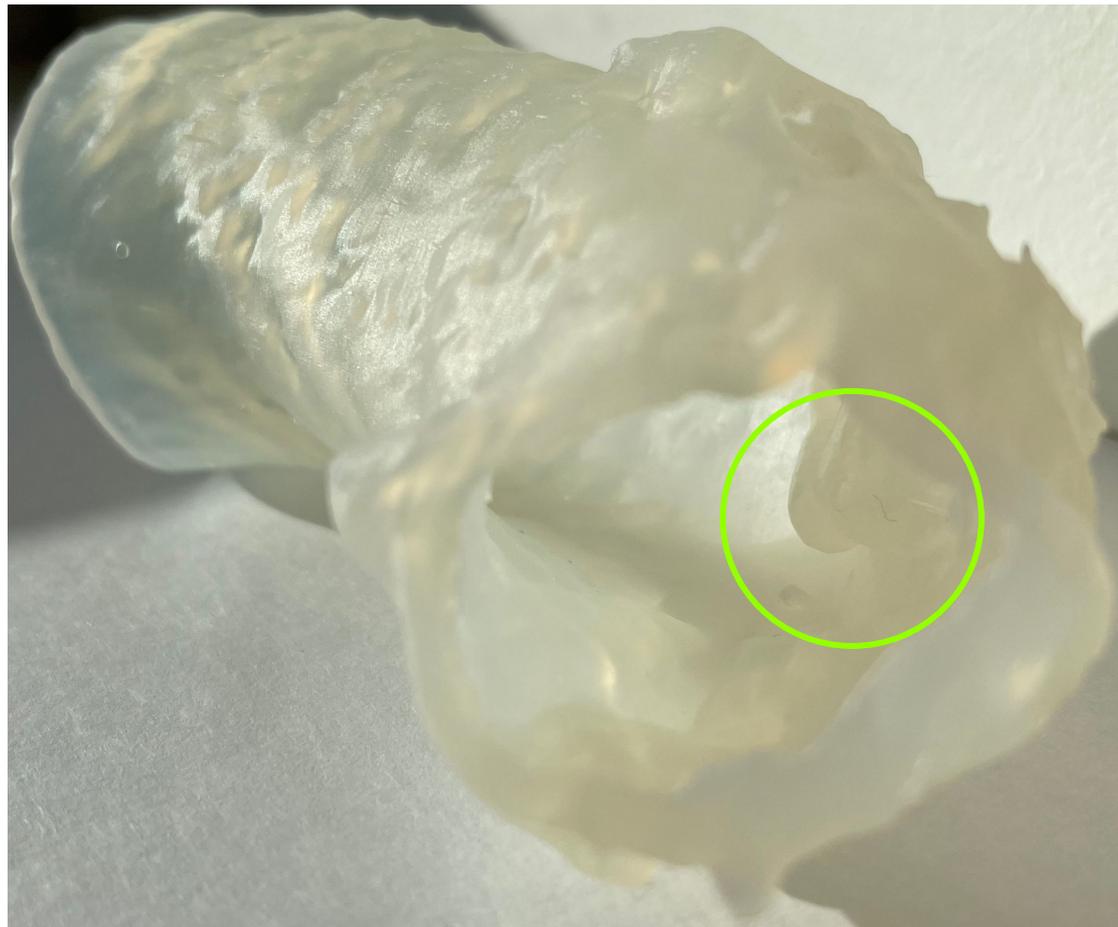


3d-принтер SLA  
FormLabs FORM2  
точность до 25 микрон



Модели из фотополимерной  
смолы Durable Resin  
(модуль Юнга 240 Мпа)

# Изготовление моделей. Стереолитографическая 3Д печать



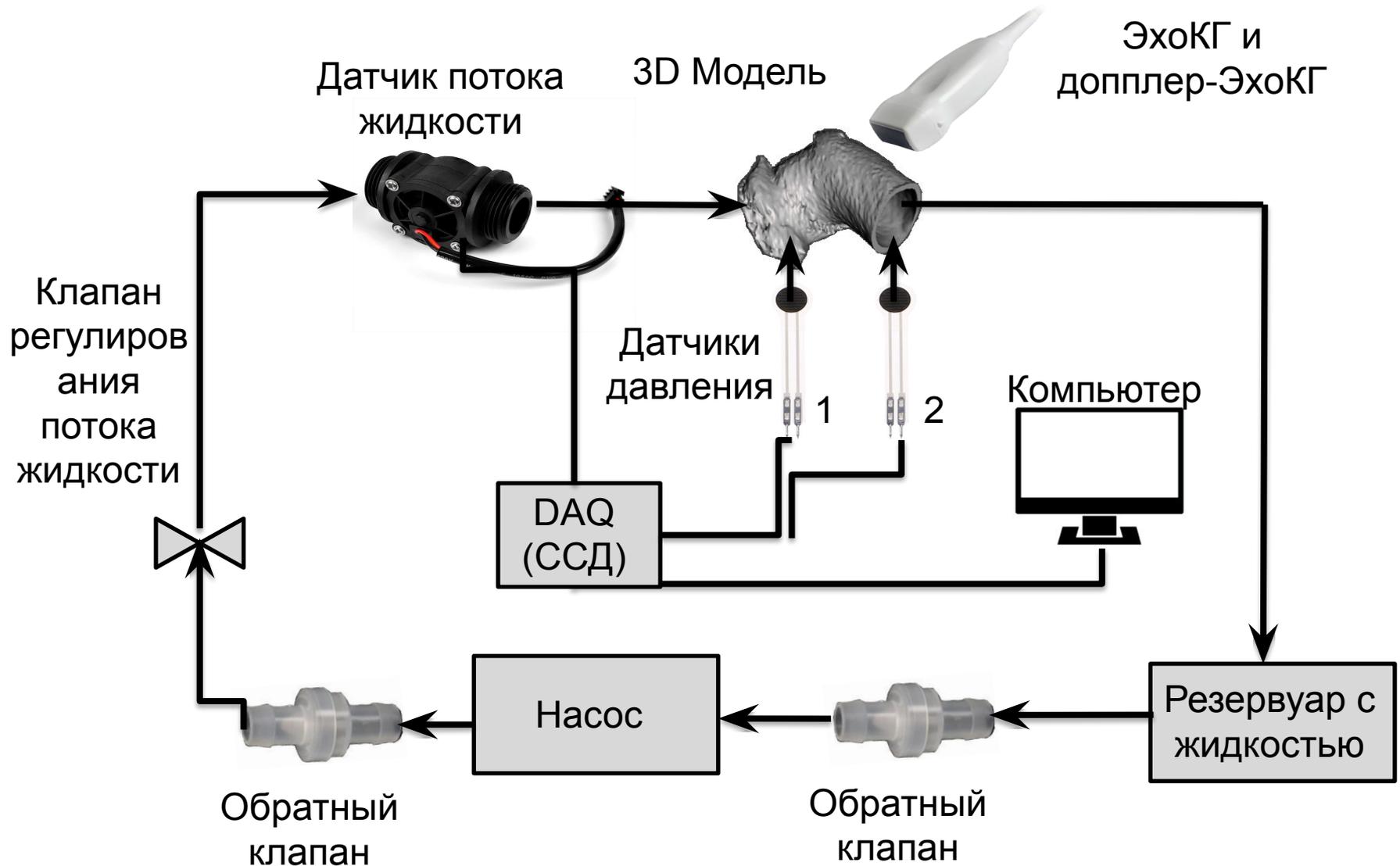
Модель 1 вид справа и вид снизу  
(зеленым выделен кальцинированный участок)

# Изготовление моделей. Стереолитографическая 3Д печать



Модель 2 вид справа и вид снизу  
(зеленым выделен кальцинированный участок)

# Схема экспериментального тестирования моделей



# Подбор датчиков для контроля физиологических параметров

Датчик потока жидкости - **FS400A**



Расположение – внешний  
Диаметр - 25 мм

Диапазон измерений - 1-30 л/мин

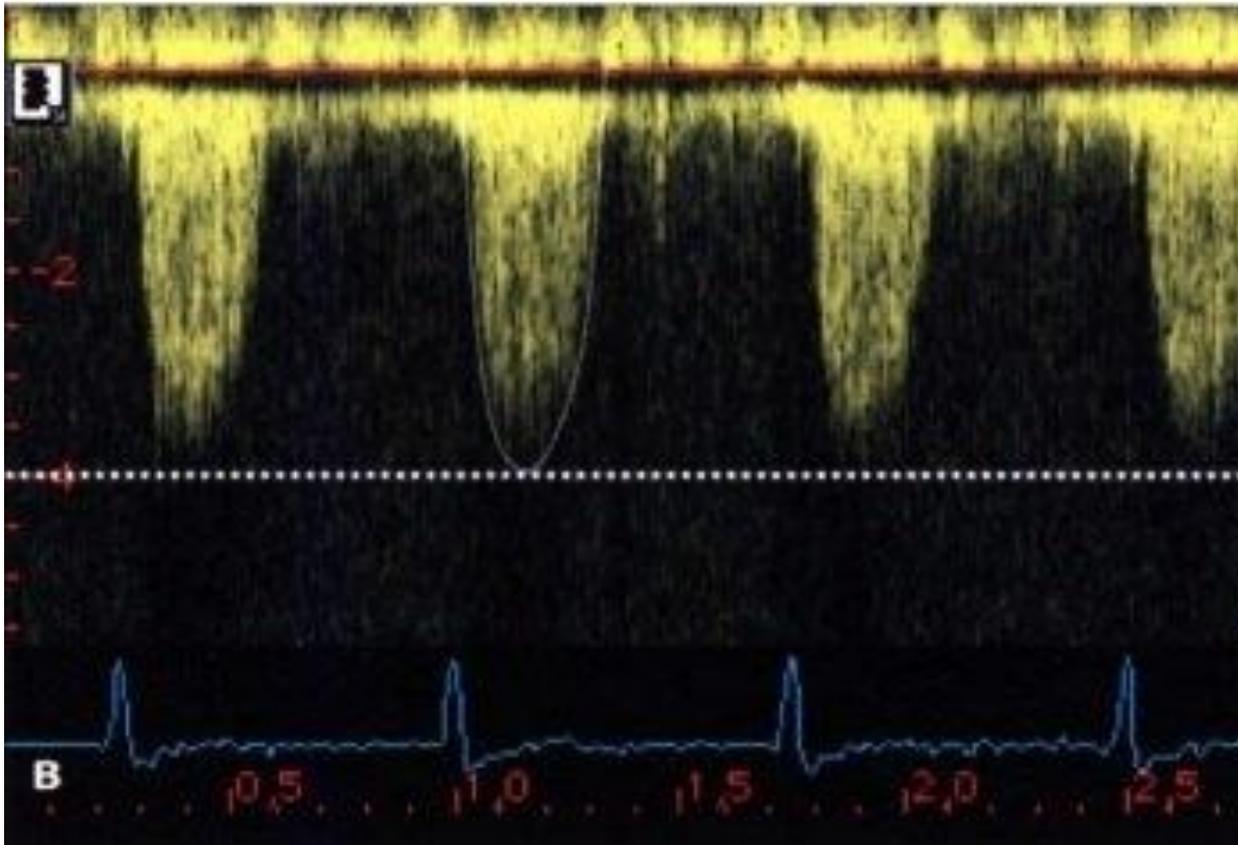
Гибкий емкостный датчик давления –  
**Тонкопленочный водонепроницаемый датчик давления**



Расположение – внутренний  
Материал –

Полидиметисилоксан  
Pmax - 100 кПа

# Критерии оценки при тестировании



Пример результата непрерывноволновой доплерографии стенотической струи: скорость  $V_2 = 4$  м/с.

# Критерии оценки при тестировании

Параметр		Уравнение	Тяжелый	Умеренный	Легкий
Максимальная скорость кровотока (м/с)		$V_1$ - до стенозированного аортального клапана $V_2$ - максимальная скорость	>4	3-3,9	2,5-2,9
Площадь отверстия аортального клапана (см <sup>2</sup> )	Эффективная		<1	1,0-1,5	>1,5
	Функциональная		Сопоставляется с эффективной		
Градиент давления на аортальном клапане (мм.рт.ст.)	Максимальный	<u>Уравнение Бернулли</u> $\Delta P = 4(V_2^2 - V_1^2).$	>65	35-60	<35
	Средний	$\Delta P^m = 4(V_1^2 + V_2^2 + V_1^2 + \dots + V_n^2) / n.$	>40	21-39	<20

# Заключение

Таким образом, объединив технологии:

- компьютерной томографии с высоким пространственным разрешением,
  - программное обеспечение для автоматизированного проектирования
  - метод стереолитографической 3D-печати,
- были созданы модели для конкретных пациентов, которые могут воспроизводить как анатомические, так и функциональные свойства стеноза аортального клапана.

Данная технология может облегчить работу операционной бригады, снизить возможность врачебных ошибок и послеоперационных осложнений.