

# Нейросетевой поиск центральной линии аневризмы брюшной аорты

Студент: К.О. Мелихов

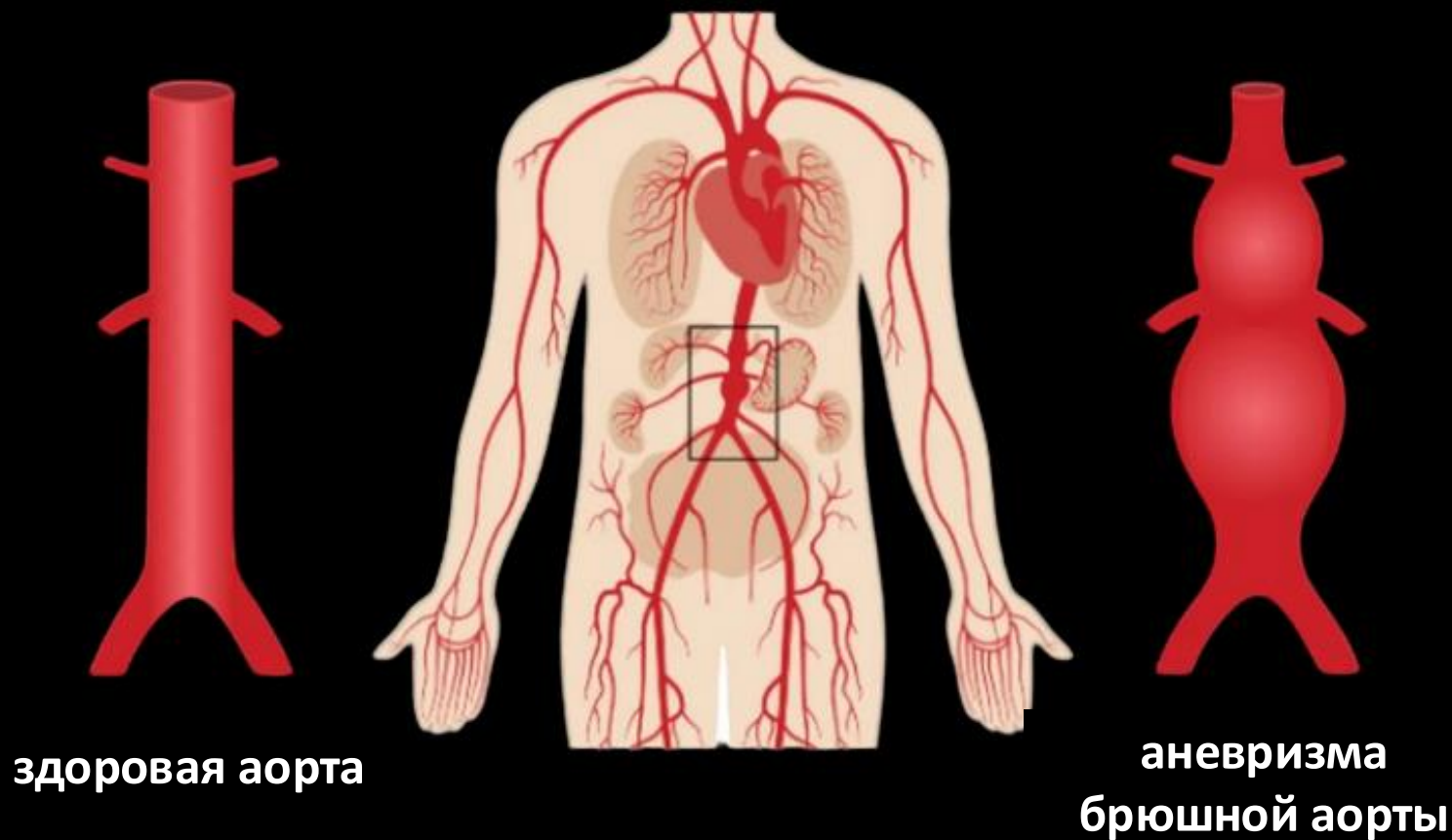
Научный руководитель: Р.Ю. Епифанов, младший научный сотрудник ММЦ НГУ

# Цель:

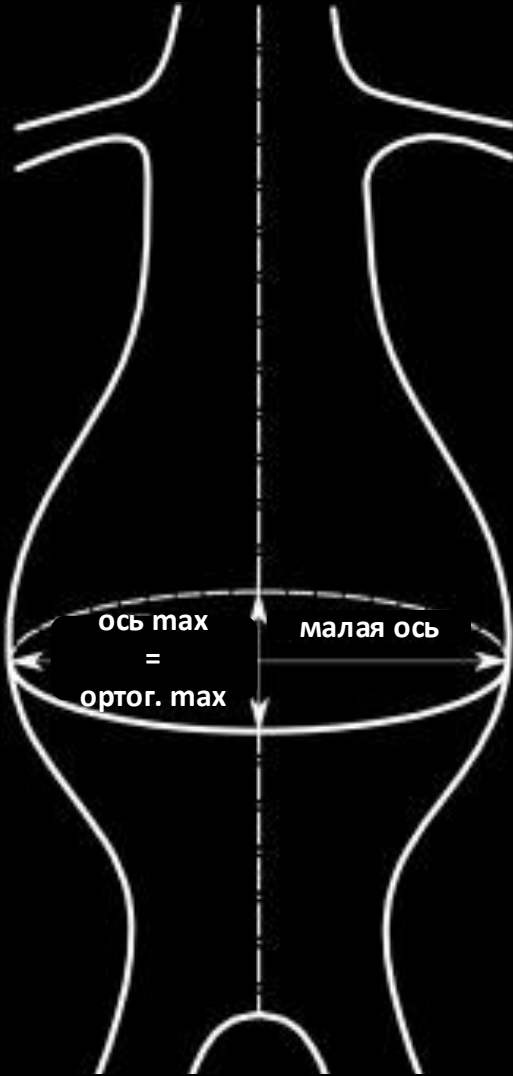
Разработать нейросетевой алгоритм для поиска центральной линии брюшной аорты в области бифуркации

# Задачи:

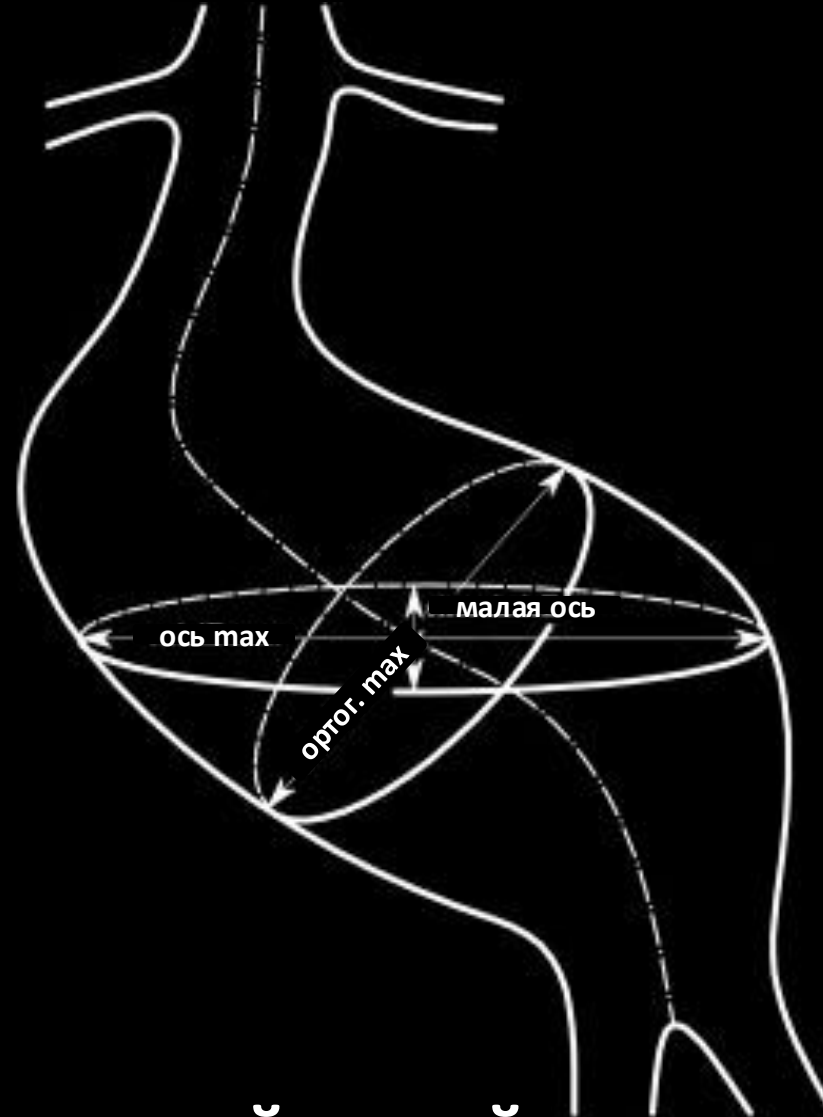
1. ознакомиться с объектом исследования;
2. исследовать существующие нейросетевые методы построения центральной линии;
3. разработать и реализовать алгоритм для построения центральной линии



# Как измеряется диаметр?



простой случай

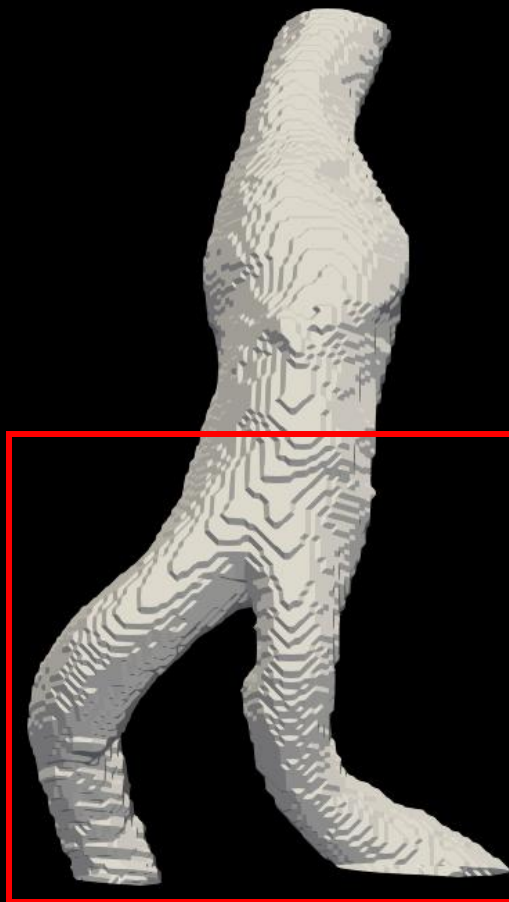


сложный случай

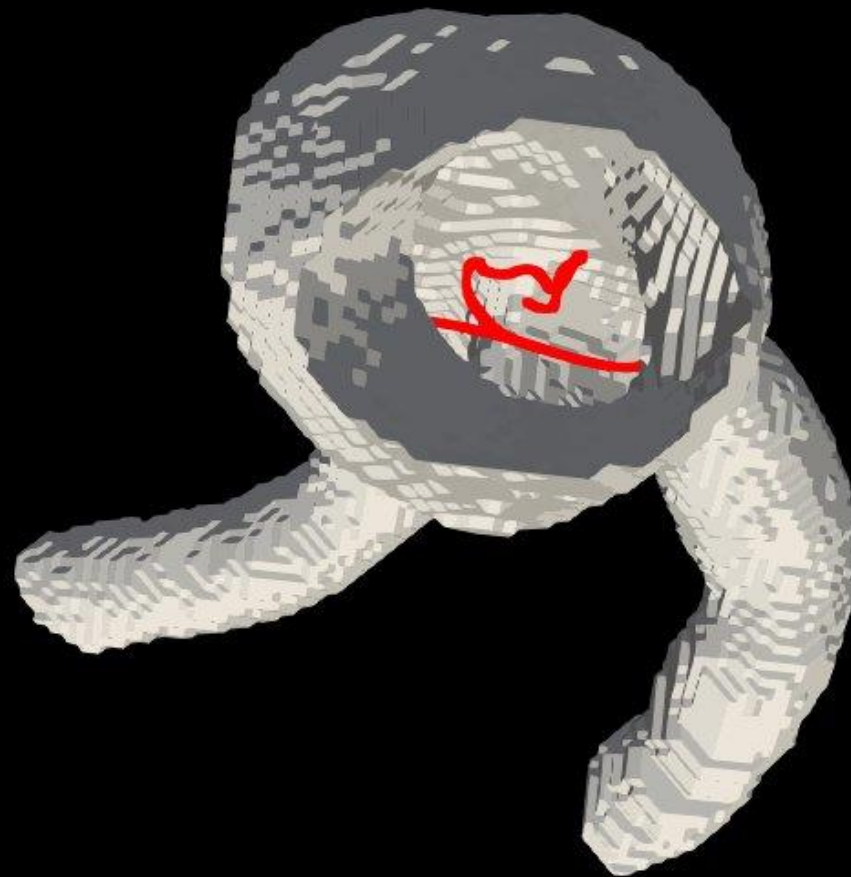
# Алгоритм vmtk

Есть детерминированный алгоритм vmtk для поиска центральной линии аорты, но он работает не для всех данных

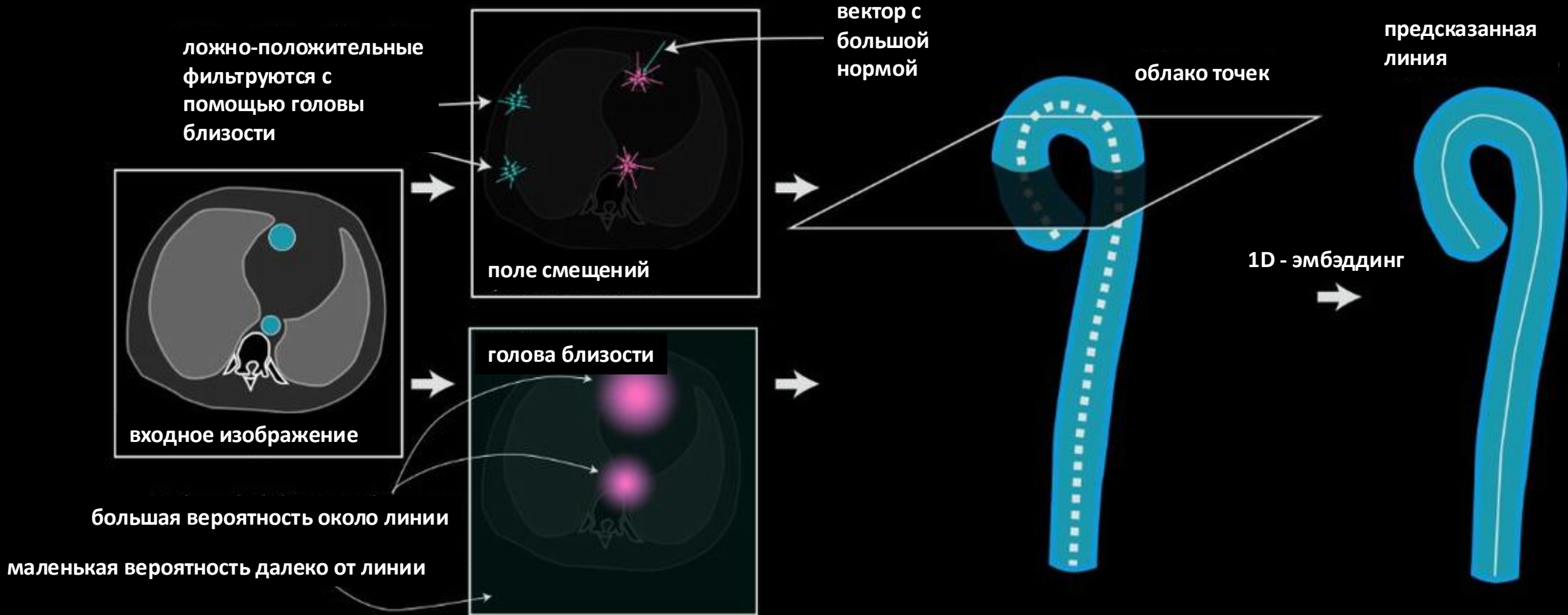
Наша гипотеза состоит в том, что если обучить нейросеть на данных, где алгоритм работает, то мы сможем находить линии и для сложных данных, например в области бифуркации



бифуркация

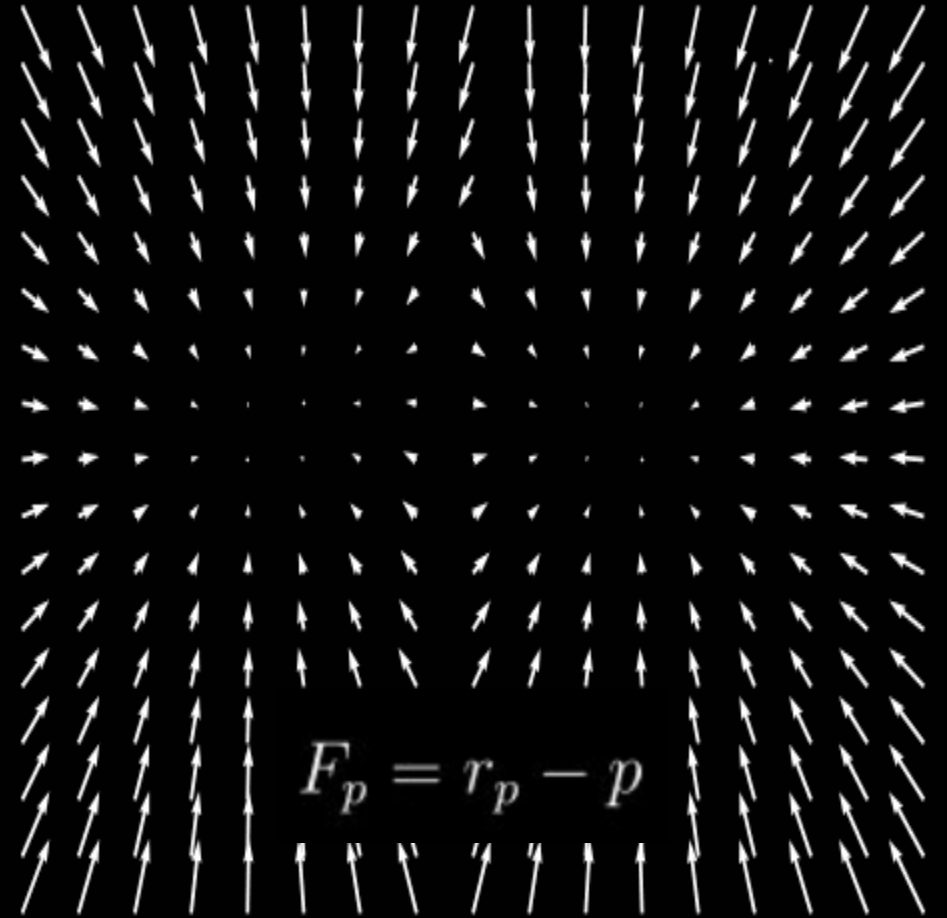


# Attraction Field (поле смещений)



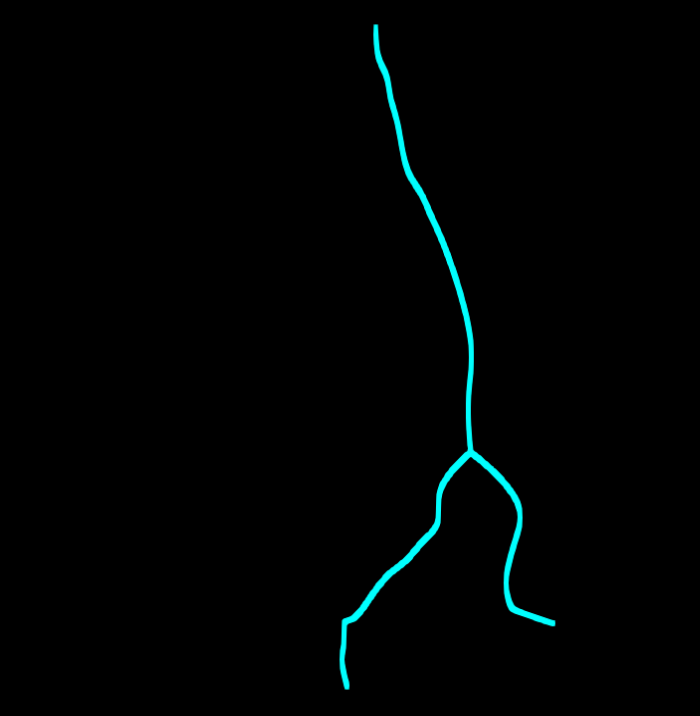
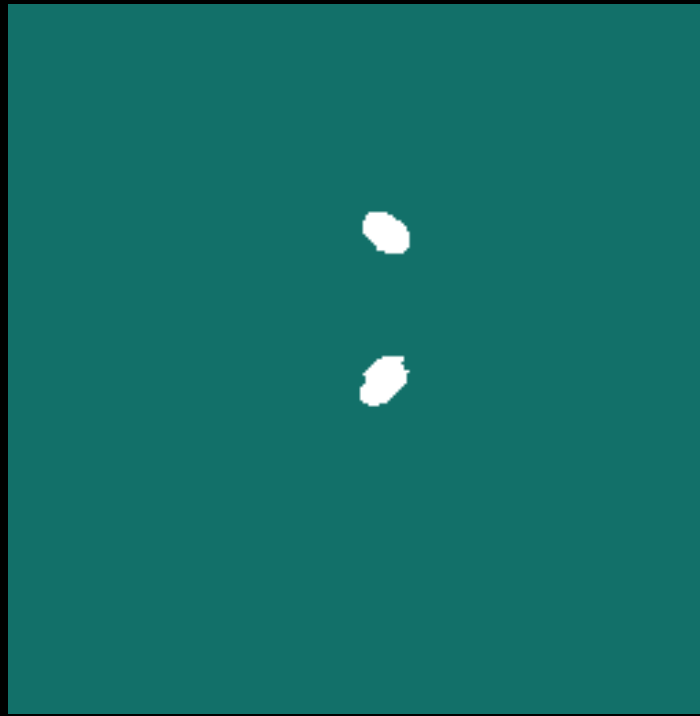
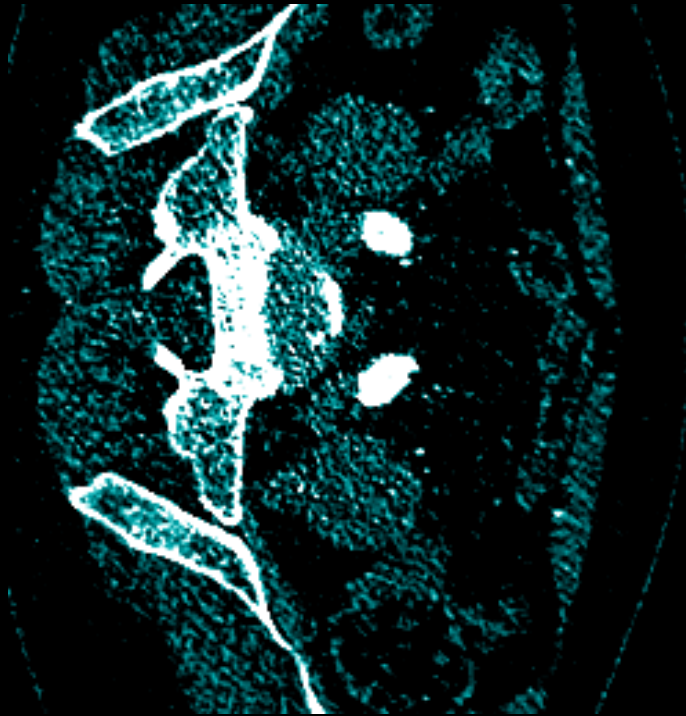
# Как строить поле смещений?

Необходимо для каждого элемента трёхмерного тензора найти ближайшую точку центральной линии. Использовалась структура **K-d-дерево**, что позволило найти точки за  **$O(\log n)$** . Затем из найденной точки нужно вычесть исходную.



# Данные

90 КТ, соответствующие им маски и сгенерированные алгоритмом VMTK центральные линии

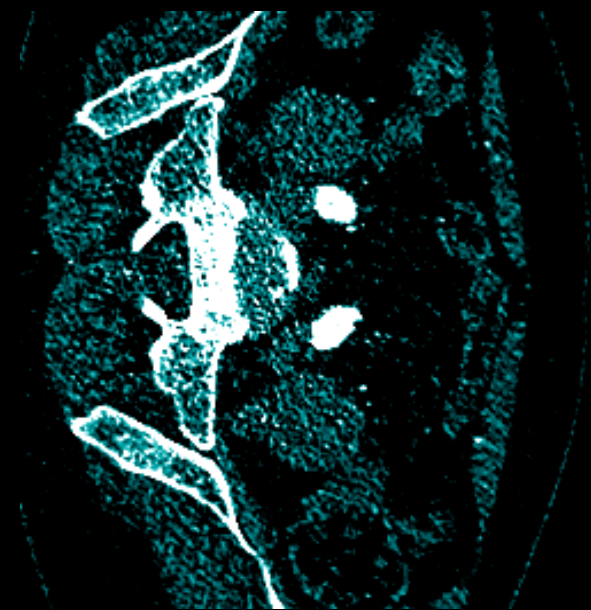




# Архитектура

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

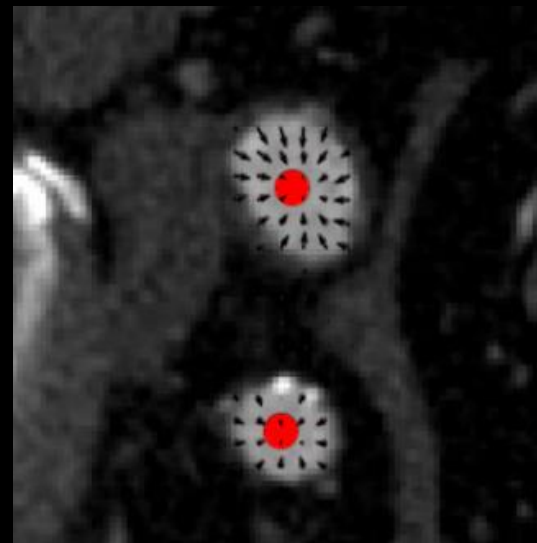
$$Regularization = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| - |\hat{y}_i|$$



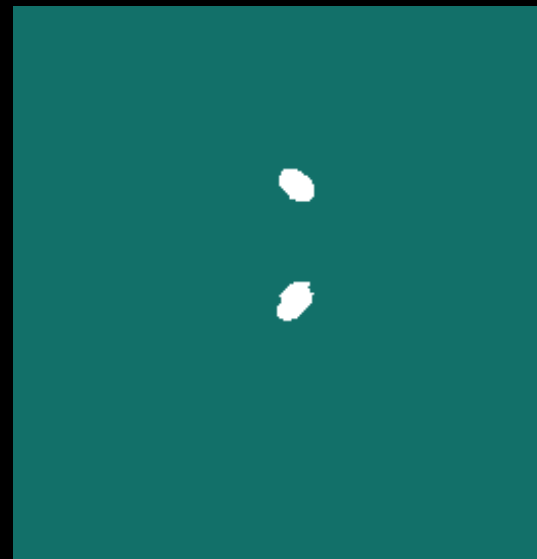
размер входа:  
размер\_батча×1×16×256×256

3D U-Net

$$Dice = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^n y_i \hat{y}_i}{\sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n \hat{y}_i}$$



размер выхода:  
размер\_батча×3×16×256×256



размер выхода:  
размер\_батча×2×16×256×256<sup>8</sup>

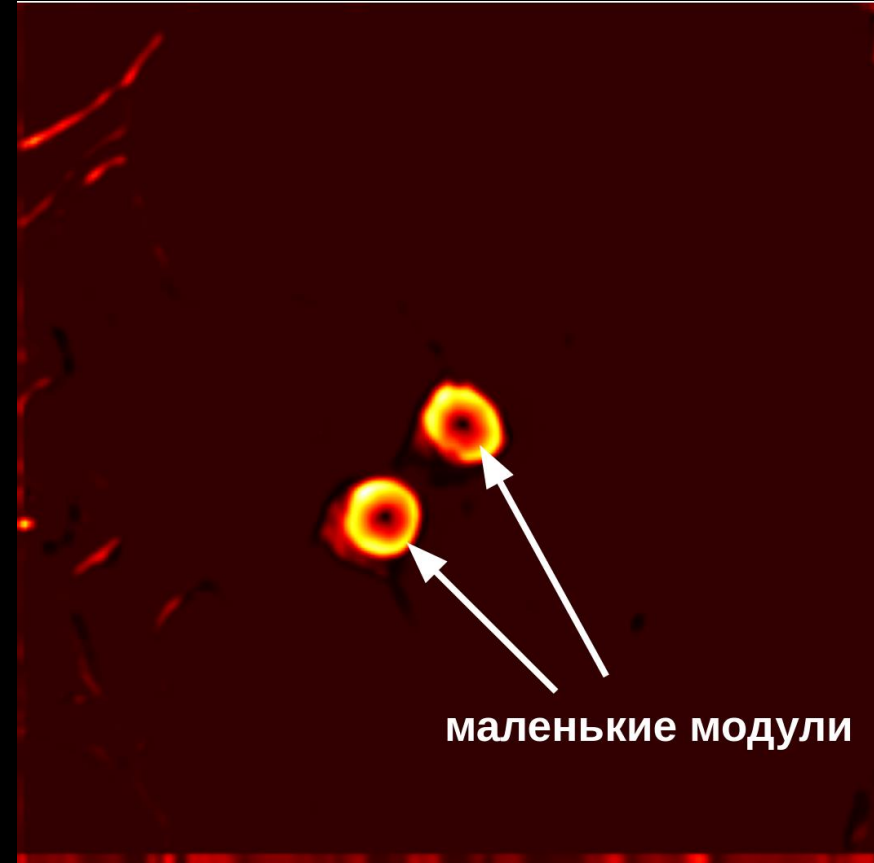
$$Focal = - \sum_{i=1}^n (y_i \log \hat{y}_i (1 - \hat{y}_i)^\gamma + (1 - y_i) \log (1 - \hat{y}_i) \hat{y}_i^\gamma)$$



# Регуляризация



Без регуляризации



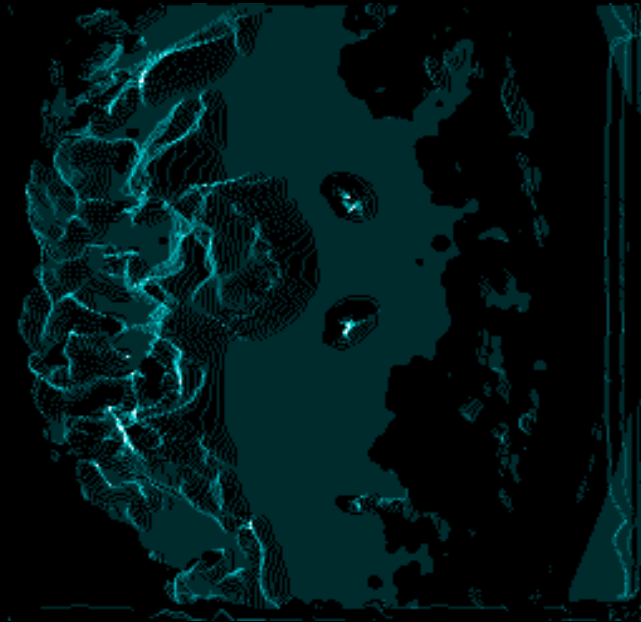
С регуляризацией

Heatmap - чем ярче, тем больше значение

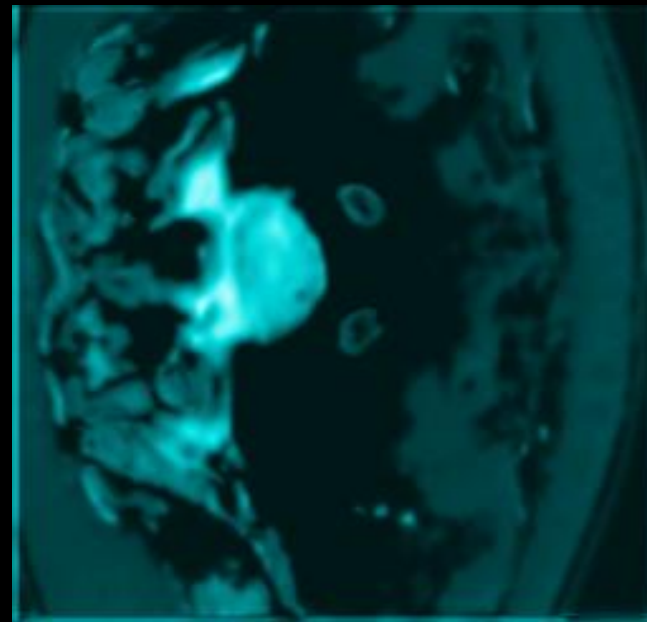
# Валидация

Есть три метода для отбора точек центральной линии:

1. Метод с векторами
2. Метод с модулями
3. Метод с модулями и векторами



Точки после метода векторов  
поля смещений



Модули векторов поля смещений

# Валидация

Для того чтобы получить метрику качества модели необходимо сравнить несколько предсказанных линий с истинными. Все линии было решено разделить на 3 части. На часть, где сосуд является одиночным, на левую и правую часть бифуркации. Для сравнения кривых использовались метрики Фреше на плоскости и Чамфер в пространстве:

$$Chamfer(A, B) = \sum_{\alpha \in A} \min_{\beta \in B} \|\alpha - \beta\|_2^2 + \sum_{\beta \in B} \min_{\alpha \in A} \|\alpha - \beta\|_2^2$$

$$Frechet(A, B) = \inf_{\alpha, \beta} \max_{t \in [0, 1]} \{d(A(\alpha(t)), B(\beta(t)))\}$$

$A, B$  - истинная и предсказанная линии,  $\alpha, \beta$  - точки линий,  $\alpha(t), \beta(t)$  - параметризованные точки,  $d$  - функция расстояния.

# Результаты валидации

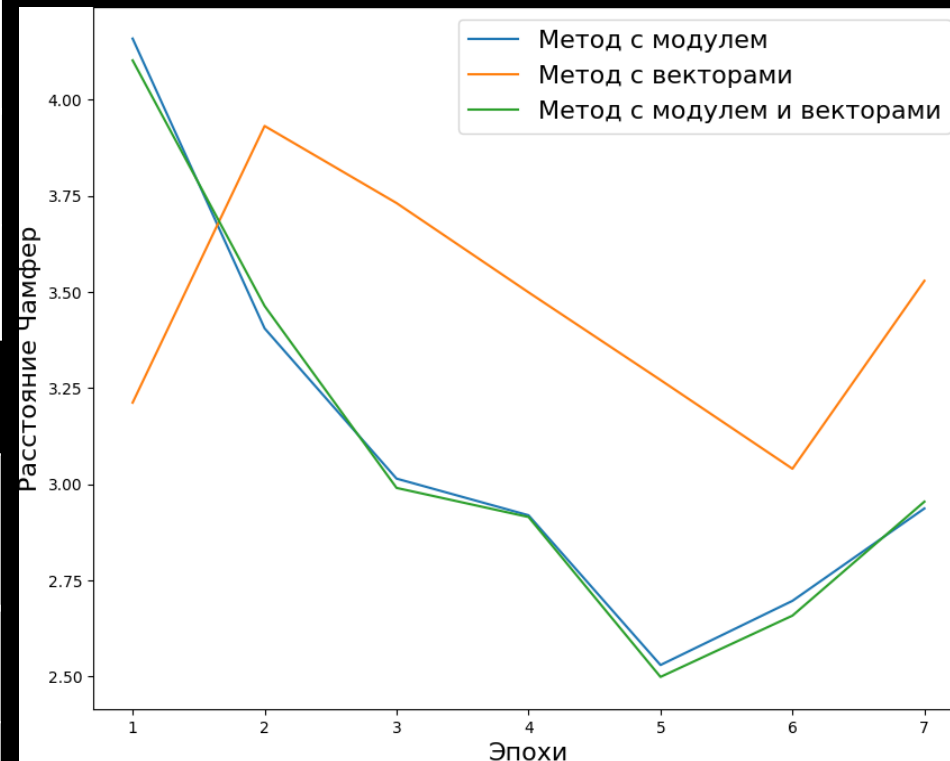
В тренировке участвовали 40 образцов, в валидации - 20,  
сэмплирование - расстояние между точками в алгоритме VMТК.

Без регуляризации:

Метрика	Сэмплирование 0.5 мм	Сэмплирование 1 мм	Метод с векторами	Метод с модулем	Метод с модулем и векторами
Чамфер	0.18	0.23	4.89	5.03	5.08
Фреше	1.12	1.5	6.51	20.43	20.23

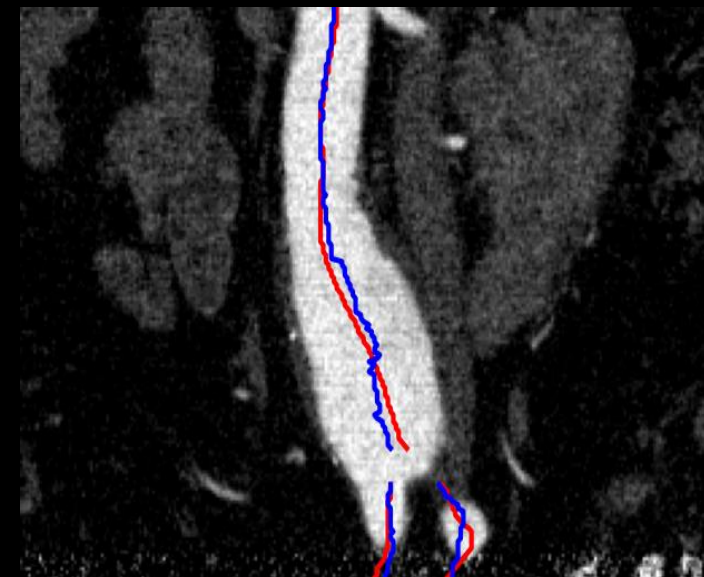
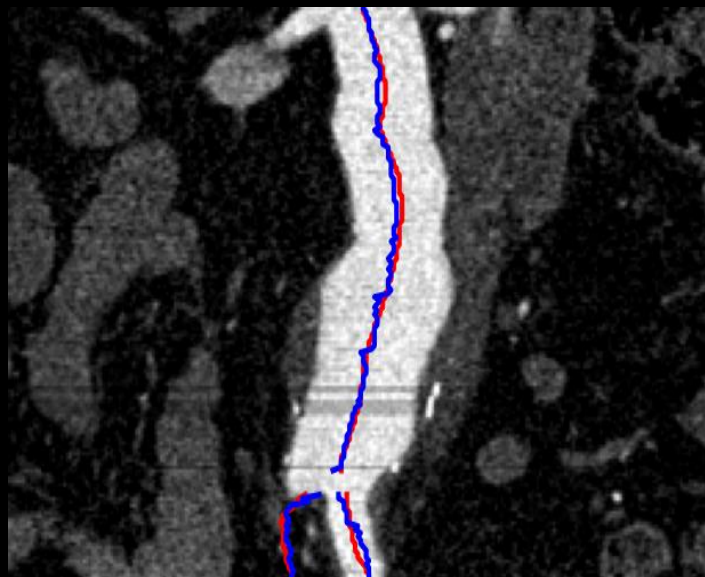
С регуляризацией:

Метрика	Сэмплирование 0.5 мм	Сэмплирование 1 мм	Метод с векторами	Метод с модулем	Метод с модулем и векторами
Чамфер	0.18	0.23	3.04	2.53	2.5
Фреше	1.12	1.5	7.18	7.55	7.39



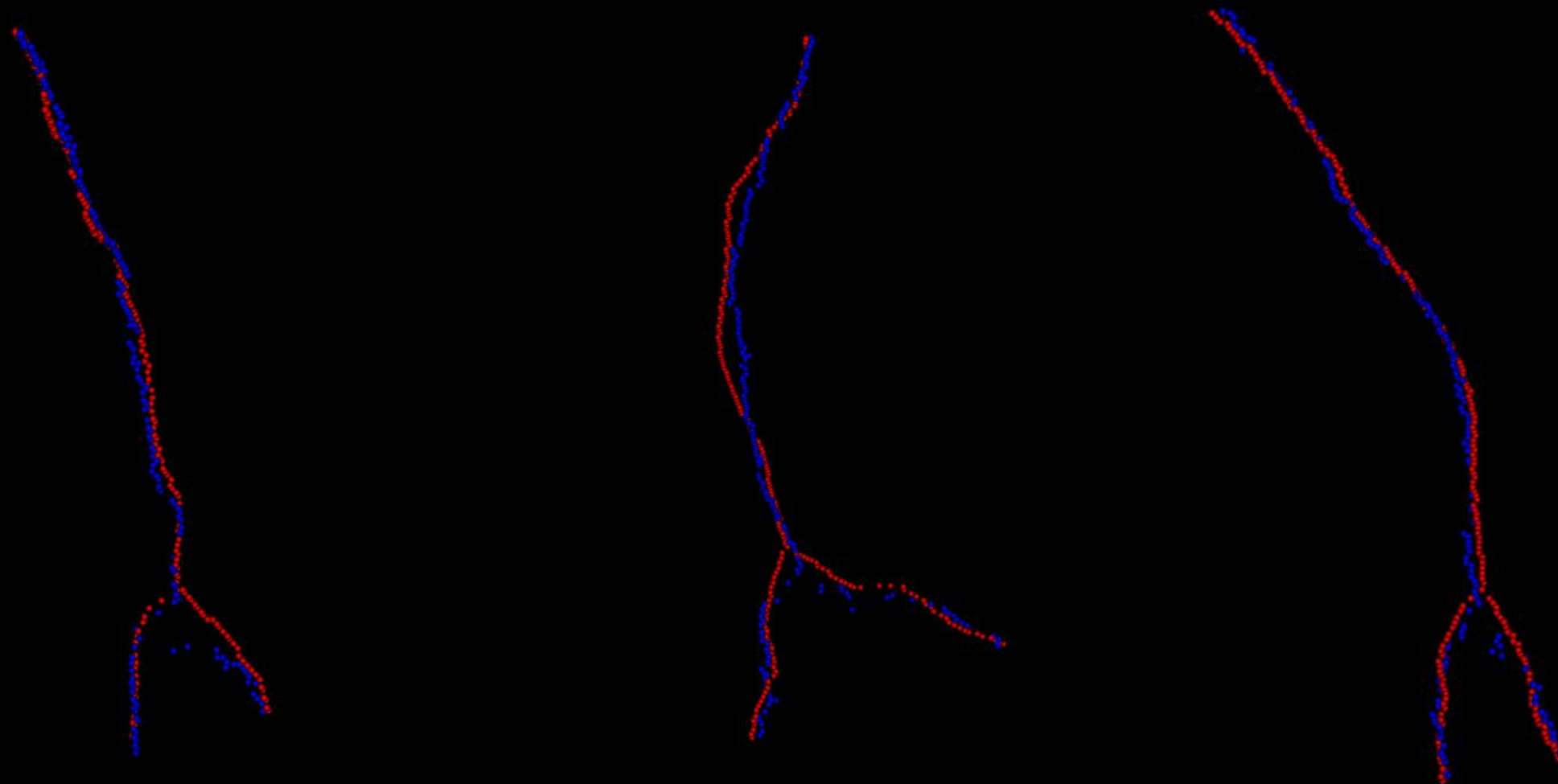
# Результаты теста

В тестировании участвовали 30 независимых образцов



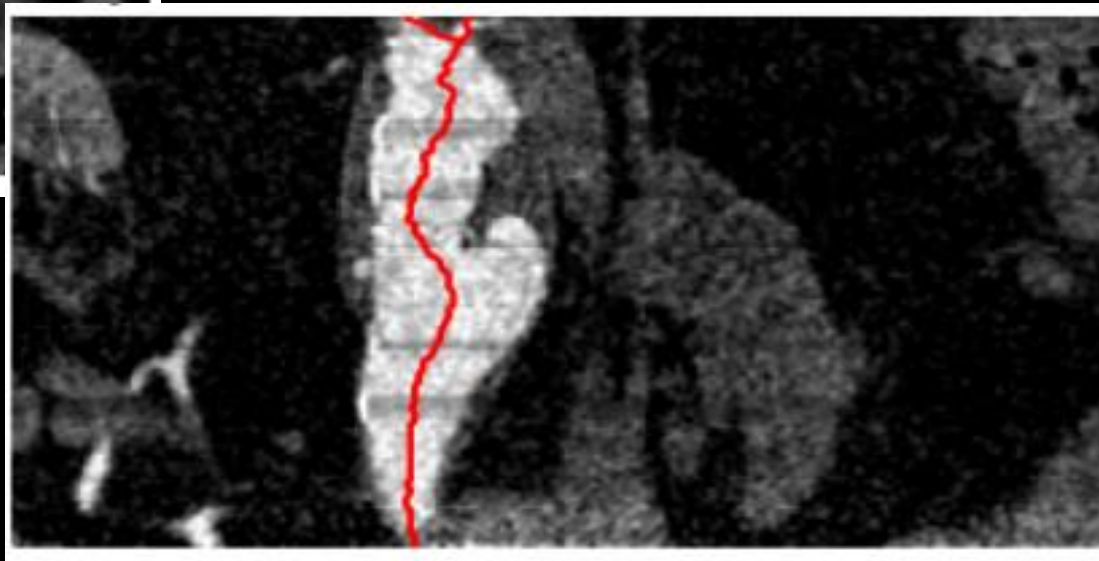
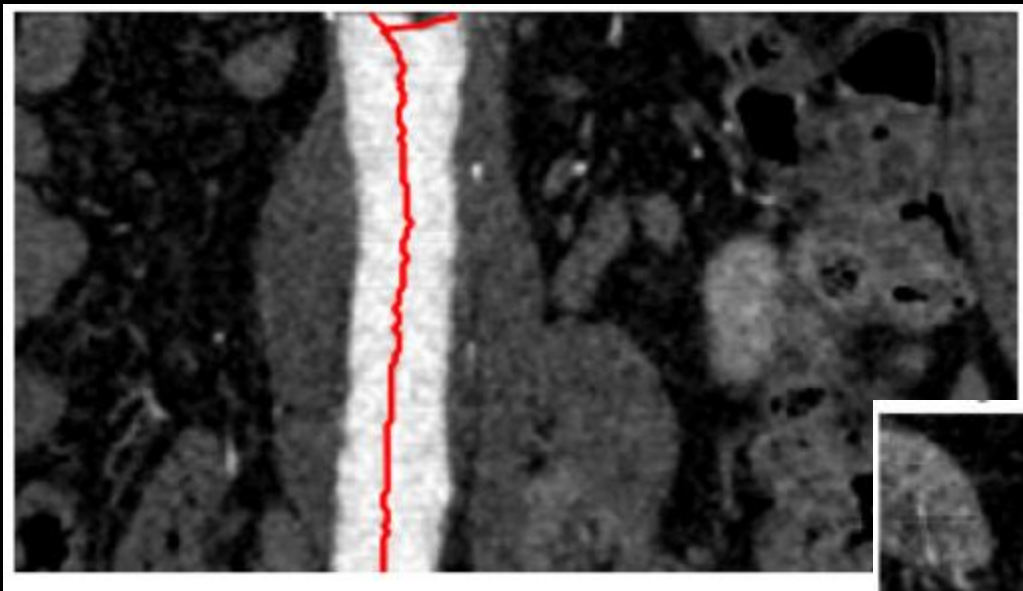
Сравнение предсказания модели (синее) с истинной центральной линией (красное)

Метрика	Сэмплирование 0.5 мм	Сэмплирование 1 мм	Метод с векторами	Метод с модулем	Метод с модулем и векторами
Чамфер	0.18	0.26	3.92	3.53	3.61
Фреше	1.33	1.57	17.4	19.54	19.27



Сравнение предсказания модели (синее) с истинной центральной линией (красное)





Предсказание центральной линии для данных, на которых алгоритм VMTK не работает (красное - предсказанная центральная линия)



# Заключение

- Исследованы различные методы генерации точек центральных линий брюшной аорты с использованием нейронных сетей.
- Предложена модификация обучения, улучшившая точность генерации по рассматриваемым метрикам.

В дальнейшем планируется:

- Переход от слайсов к 3D в процессе выбора точек центральной линии.
- Использование вещественных координат для повышения точности генерации.
- Добавление аугментации данных для увеличения размера тренировочной выборки и улучшения устойчивости модели.

Спасибо за внимание