



Цифровые технологии в работе с медицинскими изображениями

**(история развития направления в отделе
микроэлектроники НИИЯФ)**

1989-2021 гг

**Лаборатория медицинских компьютерных
систем,**

Отдел микроэлектроники НИИЯФ МГУ

Зав. лабораторией, к.т.н. А.В.Гаврилов

История персональных ЭВМ

1976г. 1 апреля. Стив Джоб и Стив Возняк основали фирму [Apple Computer](#).
В 1976г. начался кустарный выпуск [Apple I](#)

В 1984г. — первый серийно выпускаемый отечественный персональный компьютер «АГАТ».
[Процессор](#): 8-разрядный, [6502](#). Тактовая частота 1 МГц.
Производительность 500 000 оп/с, ОЗУ 64—128КБ

1985г. «Корвет» — 8-разрядный персональный Компьютер, созданный сотрудниками отдела физики плазмы НИИЯФ МГУ: Роем Н.Н., Скурихиным А.В., Щербаковым О.

ПЭВМ АГАТ



ПЭВМ КОРВЕТ



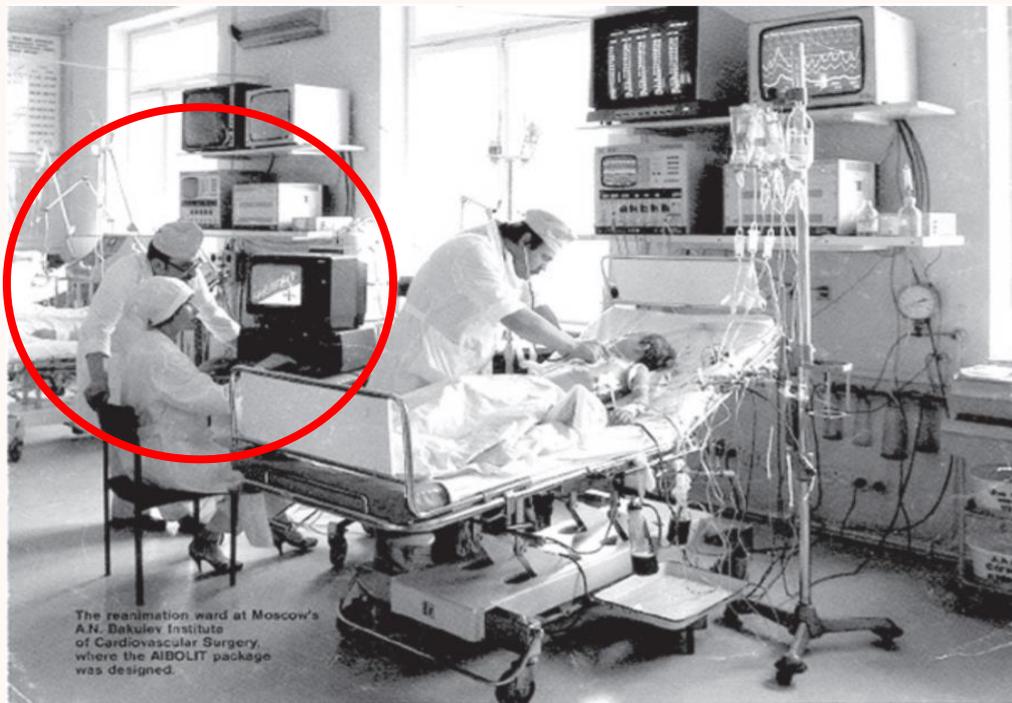
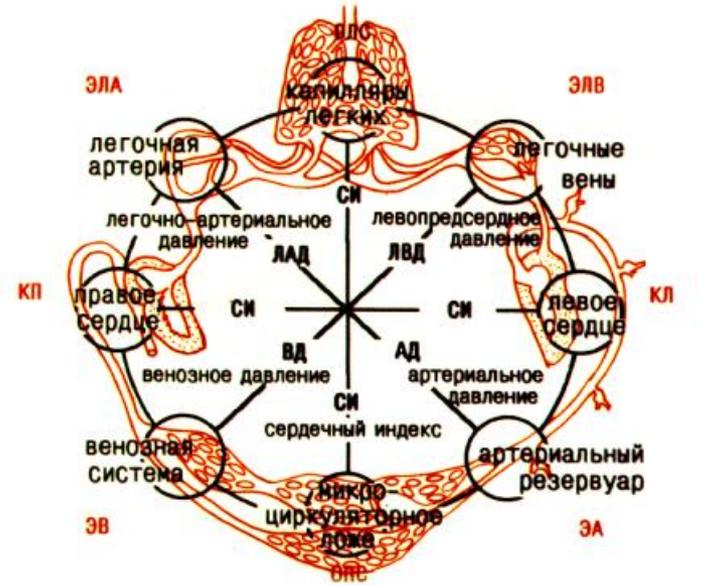
1990г. Автоматизированная система для анализа острых нарушений кровообращения в диалоге врач-ЭВМ «АЙБОЛИТ»

Институт сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева РАМН



д.б.н. проф. В.А.Лищук

Математическая модель кровообращения



The reanimation ward at Moscow's A.N. Bakulev Institute of Cardiovascular Surgery, where the AIBOLIT package was designed.

Патологические сдвиги:

Недостаточность левого желудочка

Компенсаторные изменения:

Дилатация венозных сосудов, гиповолемия

Защитные реакции:

Снижение функции правого желудочка

Гомеостатические реакции:

Спазм резистивных сосудов БКК

Продолжить

Сначала

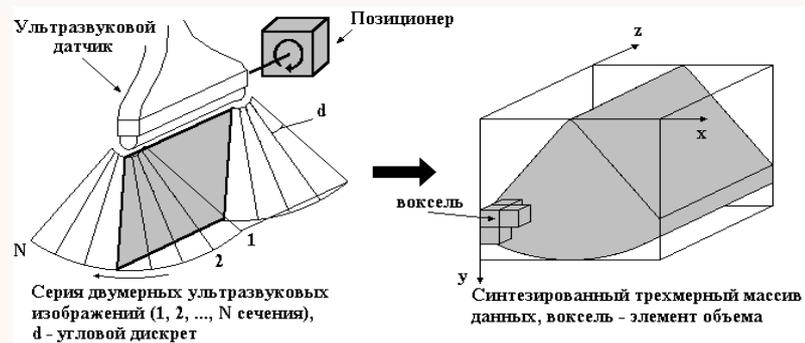
До конца

БОЛЬНОЙ Ч

1993- 1998гг. Заказ НИИ точного приборостроения на разработку алгоритмического и программного обеспечения для работы с 2D/3D ультразвуковыми изображениями

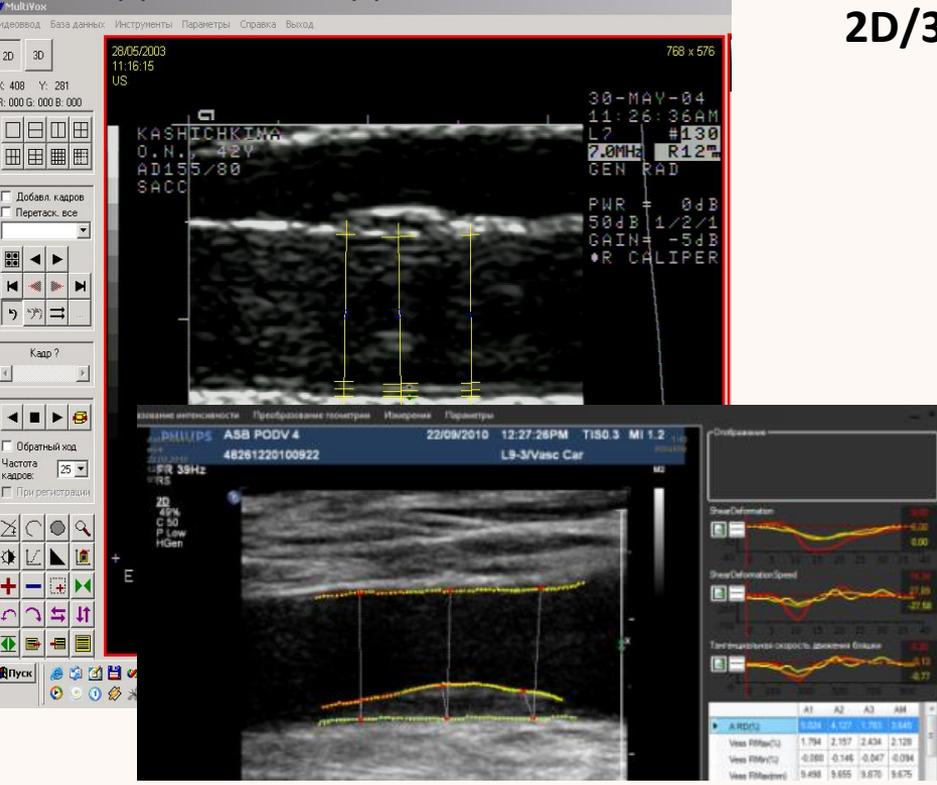


Синтез и визуализация 3D массива на экране компьютера

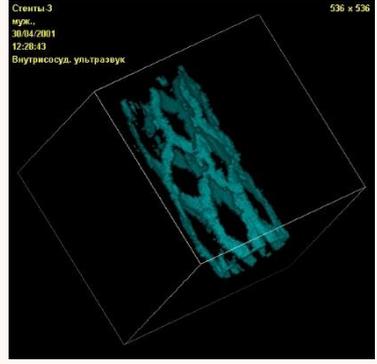
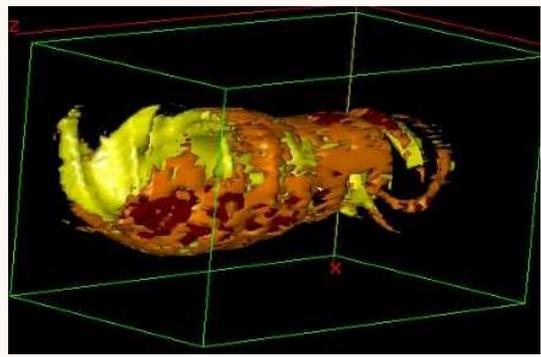
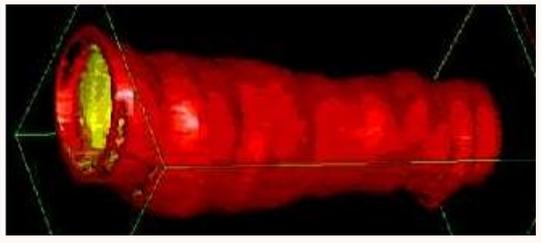
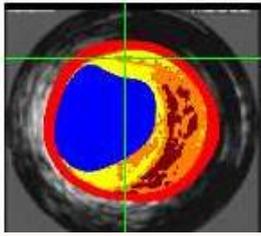
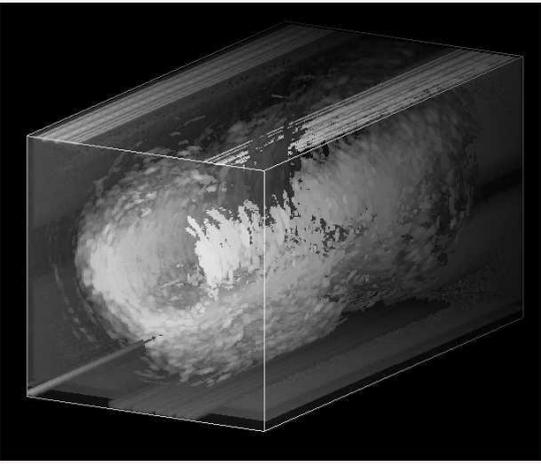


Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии (Отдел новых методов диагностики)

Исследование подвижности бляшек



2D/3D Исследование сосудов



Д.м.н., проф.
О.Ю.Атьков



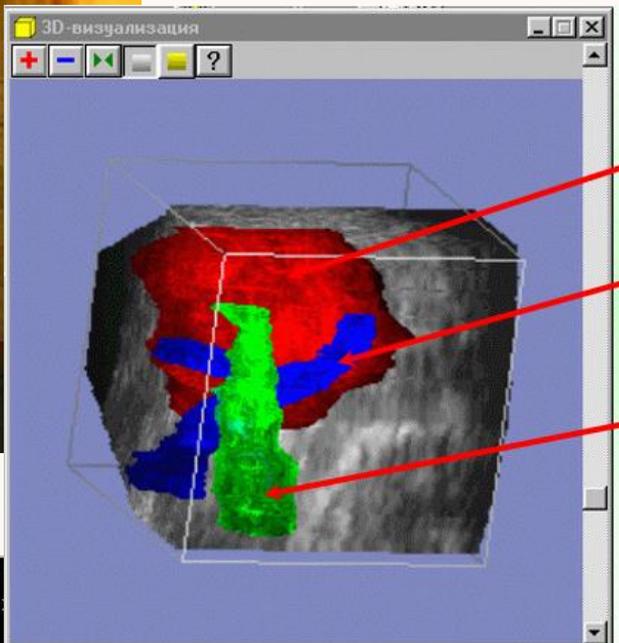
Д.м.н., проф. А.Н.Рогоза и Т.В.Балахонова

Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В.Петровского РАМН

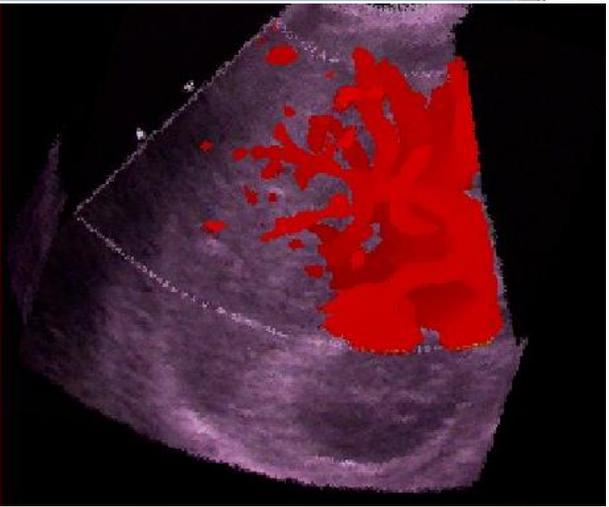
Д.м.н., проф, акад.
В.А.Сандриков



2D/3D исследование печени

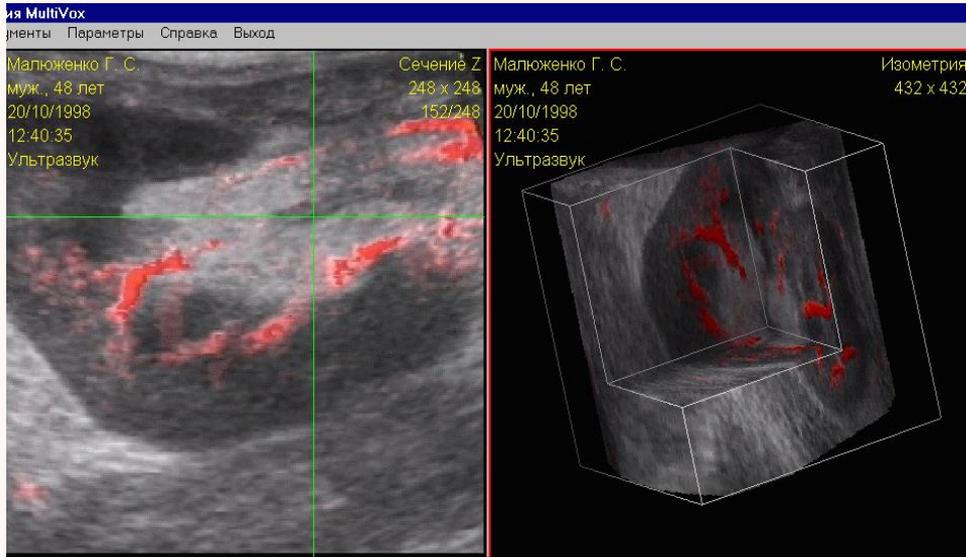


Опухоль
Портальная вена
Нижняя полая вена

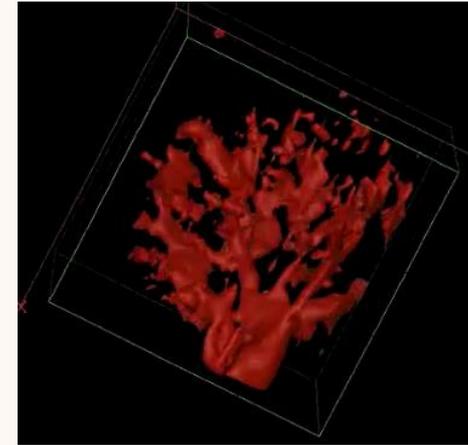


Д.м.н., проф. Ю.Р.Камалов

РНЦХ РАМН, Исследование сосудов пересаженной почки

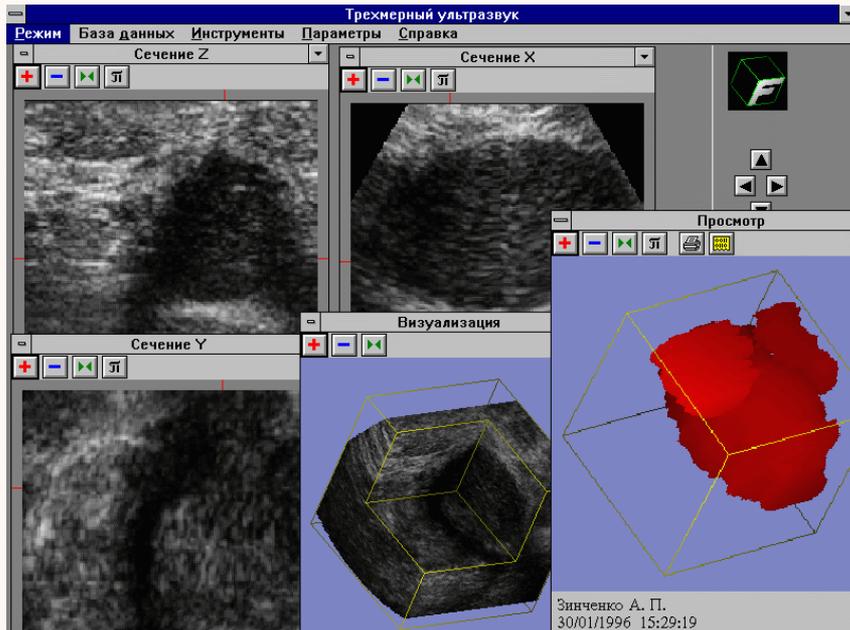


3D, сосуды пересаженной почки

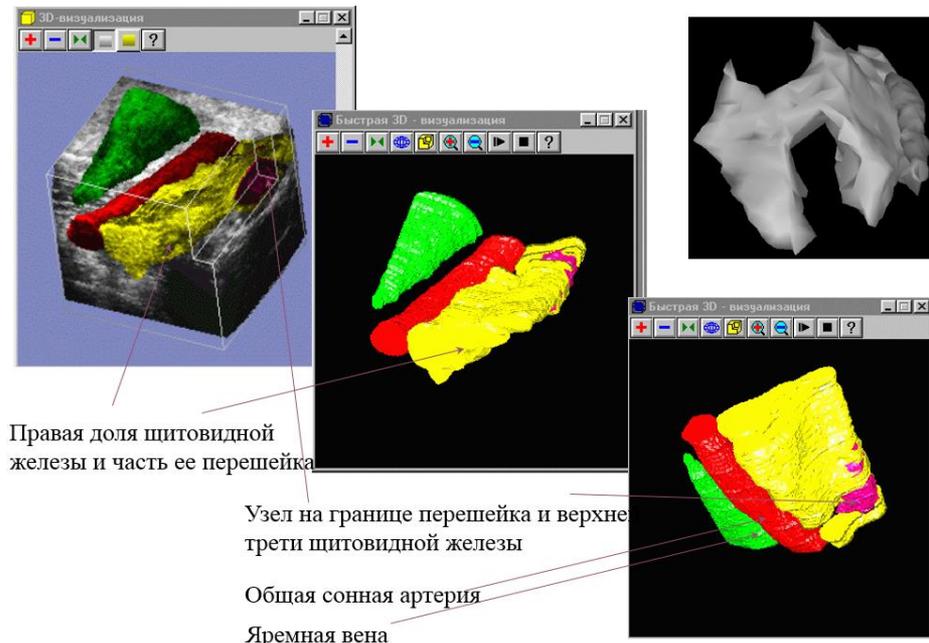


Исследование щитовидной железы

Опухоль молочной железы

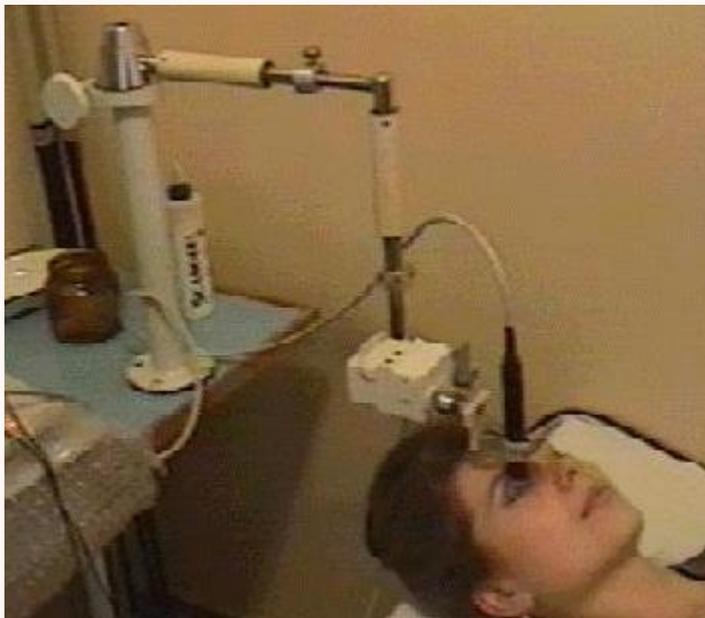


Сегментированное изображение щитовидной железы

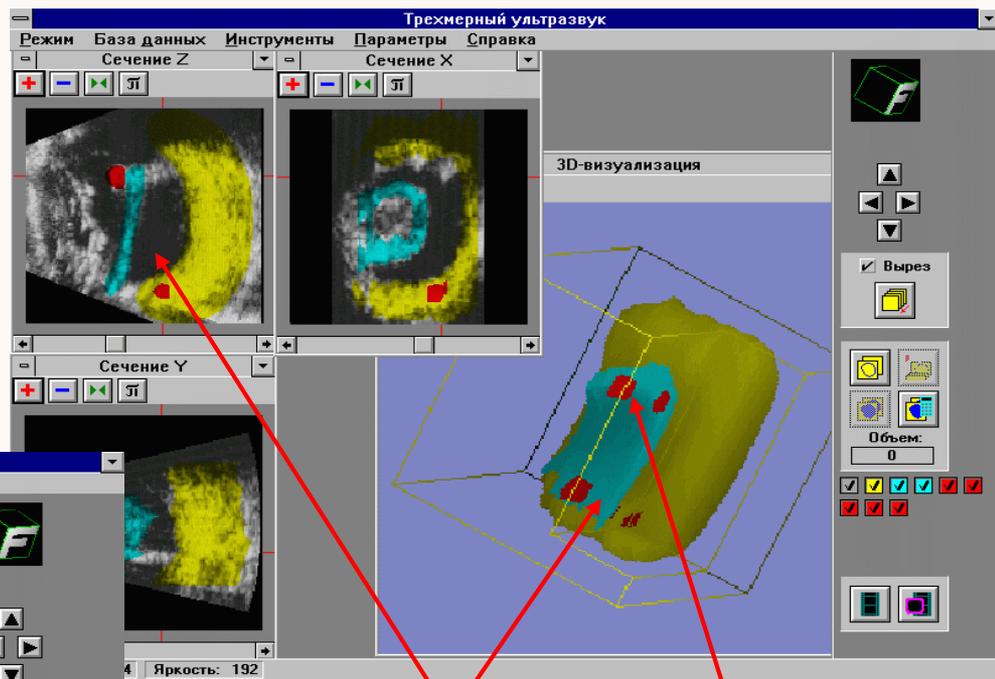


НИИ глазных болезней им. Гельмгольца

Отдел УЗ диагностикой проф. Фридман Ф.Е.



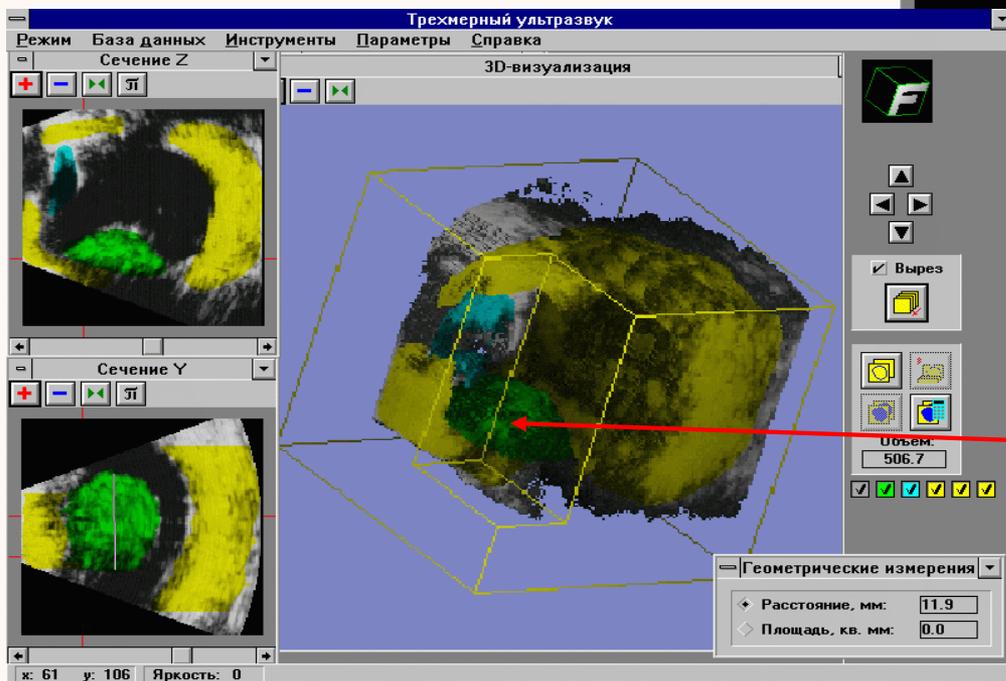
Ранение глаза



Отслоившаяся сетчатка

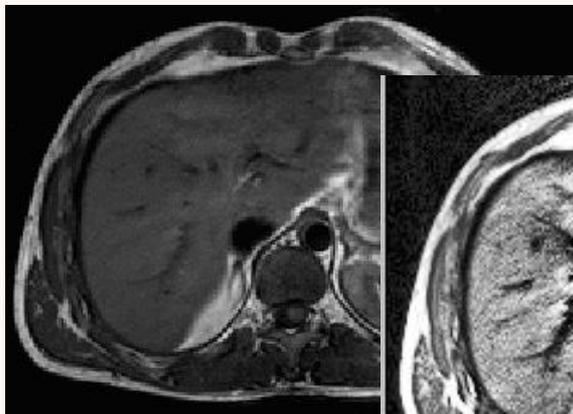
Инородные частицы

Опухоль глаза



Геометрические измерения
Расстояние, мм: 11.9
Площадь, кв. мм: 0.0

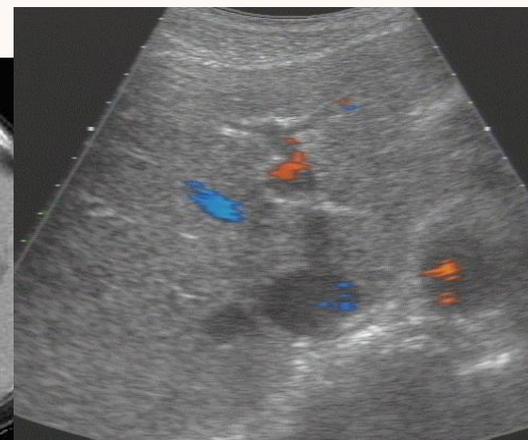
~1998г. Мультимодальная работа с изображениями



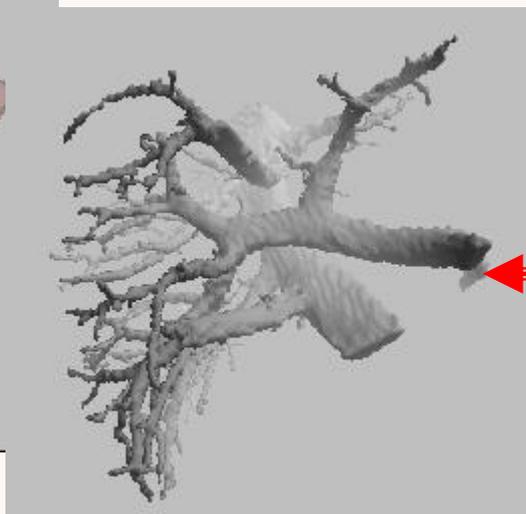
MR изображение печени



СТ изображение

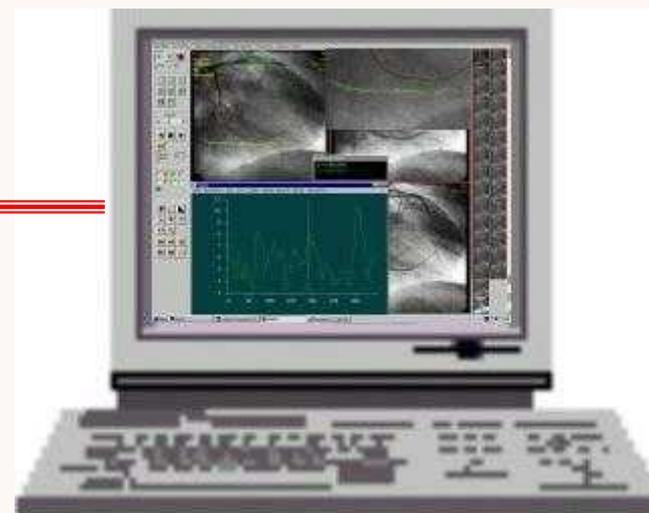


УЗ изображение



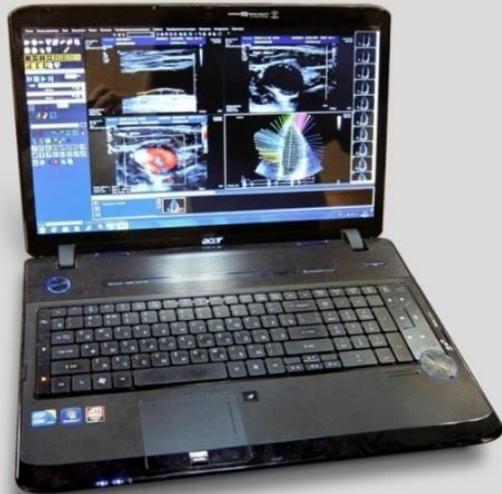
3D изображение

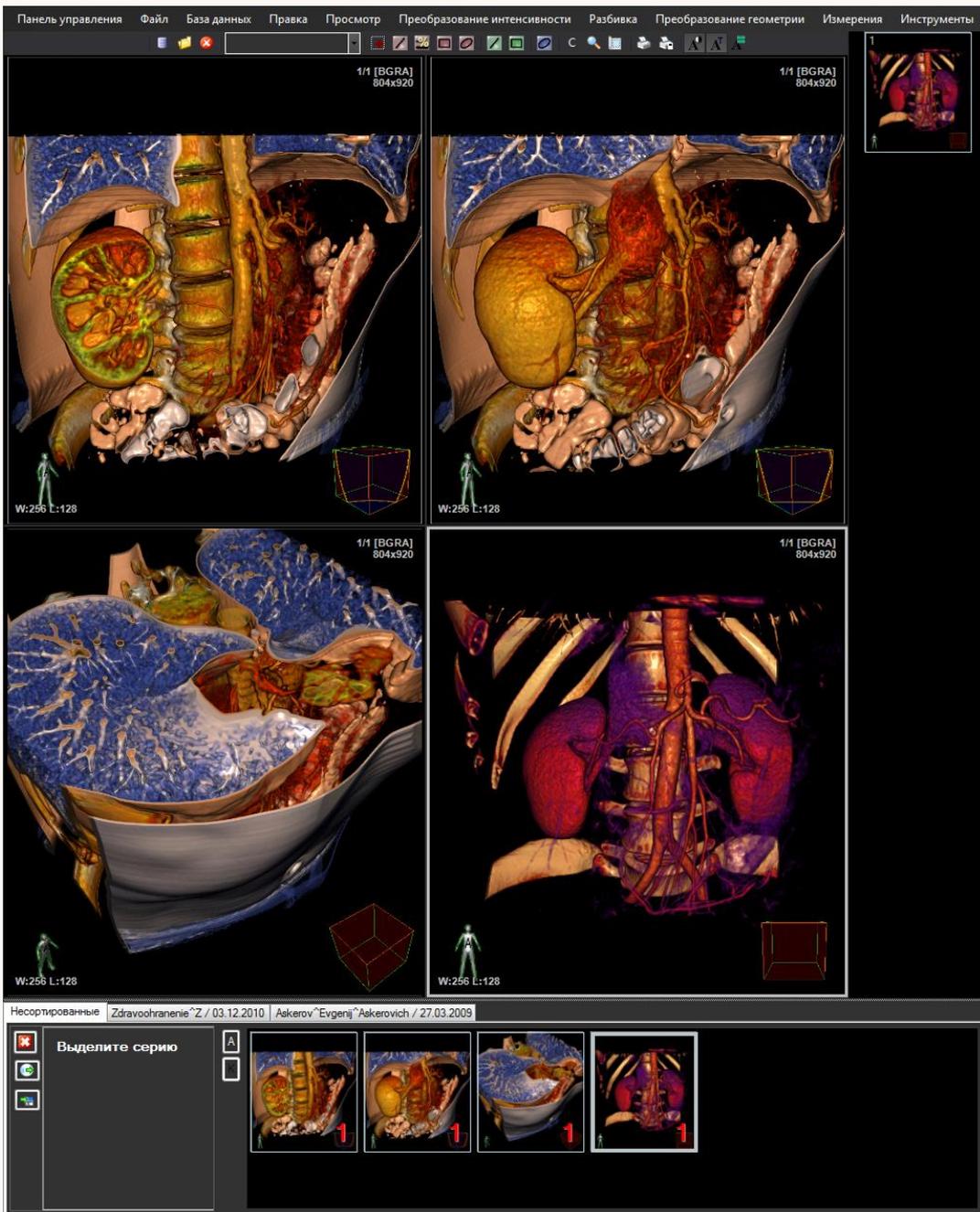
АРМ «Гамма Мультивокс»



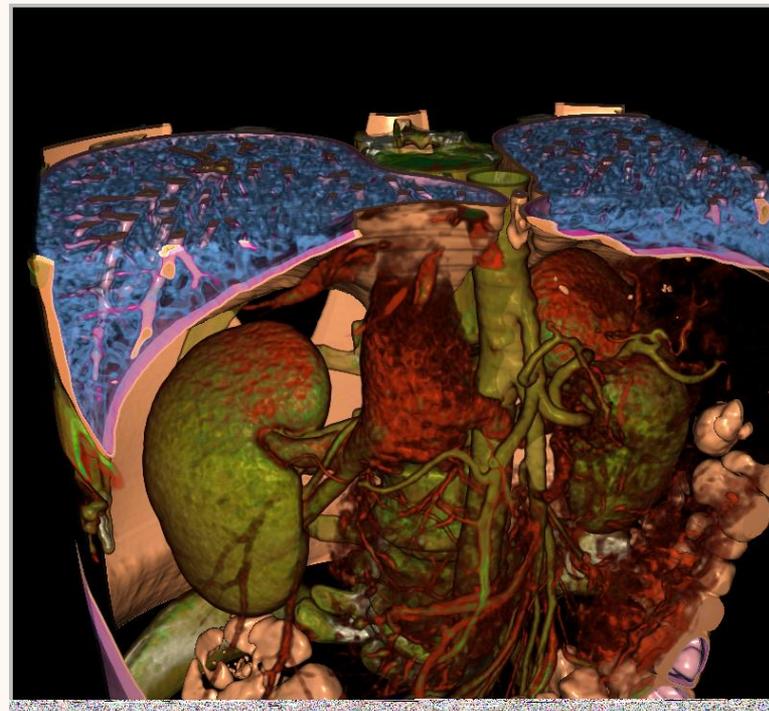
Визуализация изображений на АРМ «Мультивокс»

Мультимодальная работа с изображениями в 2D/3D режимах





Современное 3D представление внутренних органов на АРМ «Мультивокс»

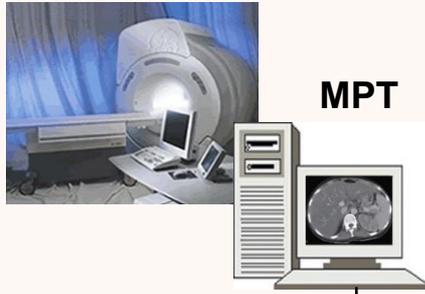


Разработка методов, алгоритмов и ПО для расширения функциональных возможностей АРМ для практического использования

- При рутинной работе с рентгеновскими, ангиографическими, КТ, МРТ, УЗ, эндоскопическими изображениями
- Диагностических исследованиях сердца и сосудов по КТ/МРТ
- Планировании операций по пересадке фрагментов печени
- Виртуальной колоноскопии по КТ (вместо гастроскопии)
- Виртуальной бронхоскопии по КТ, проектирование 3D стента для бронхов
- Сегментации аномальных образований (жидкости) в легких
- Выделении узелковых образований в легких
- Исследования позвоночника и планирования операций при сколиозе
- Планирование операций при вертебропластике
- Оценки степени остеопороза
- Подбора протезов при операциях по эндопротезированию тазобедренного сустава
- и др.

2000. PACS/RIS ЛПУ на базе КАП «МУЛЬТИВОКС»

АРМ врачей клиницистов «Гамма Мультивокс WEB, П, 2D, 2D/3D»



Изотопная
диагностика



Ангиография



Рентген, маммо...



Эндоскопы



Микроскопы

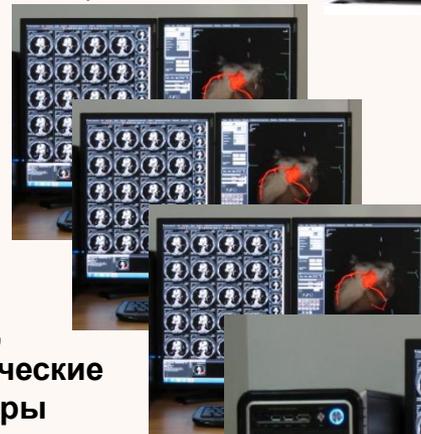


ЭКГ,
диагностические
приборы



Сервер,
Архив

АРМ врачей
диагностов
«Гамма
Мультивокс 2D/3D»





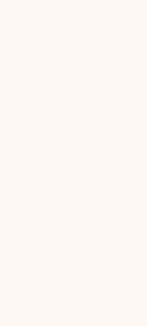
Генеральный директор
ООО «ГАММАМЕД»
А.И.Лейченко

2000г

**Подключение к работе по созданию
медицинских компьютерных систем для
обработки и анализа медицинских изображений
группы компаний
ГАММАМЕД**

Документы МЗ РФ на аппаратно-программный комплекс

«ГАММА МУЛЬТИВОКС»



Города России, где работает КАП «Гамма Мультивокс»

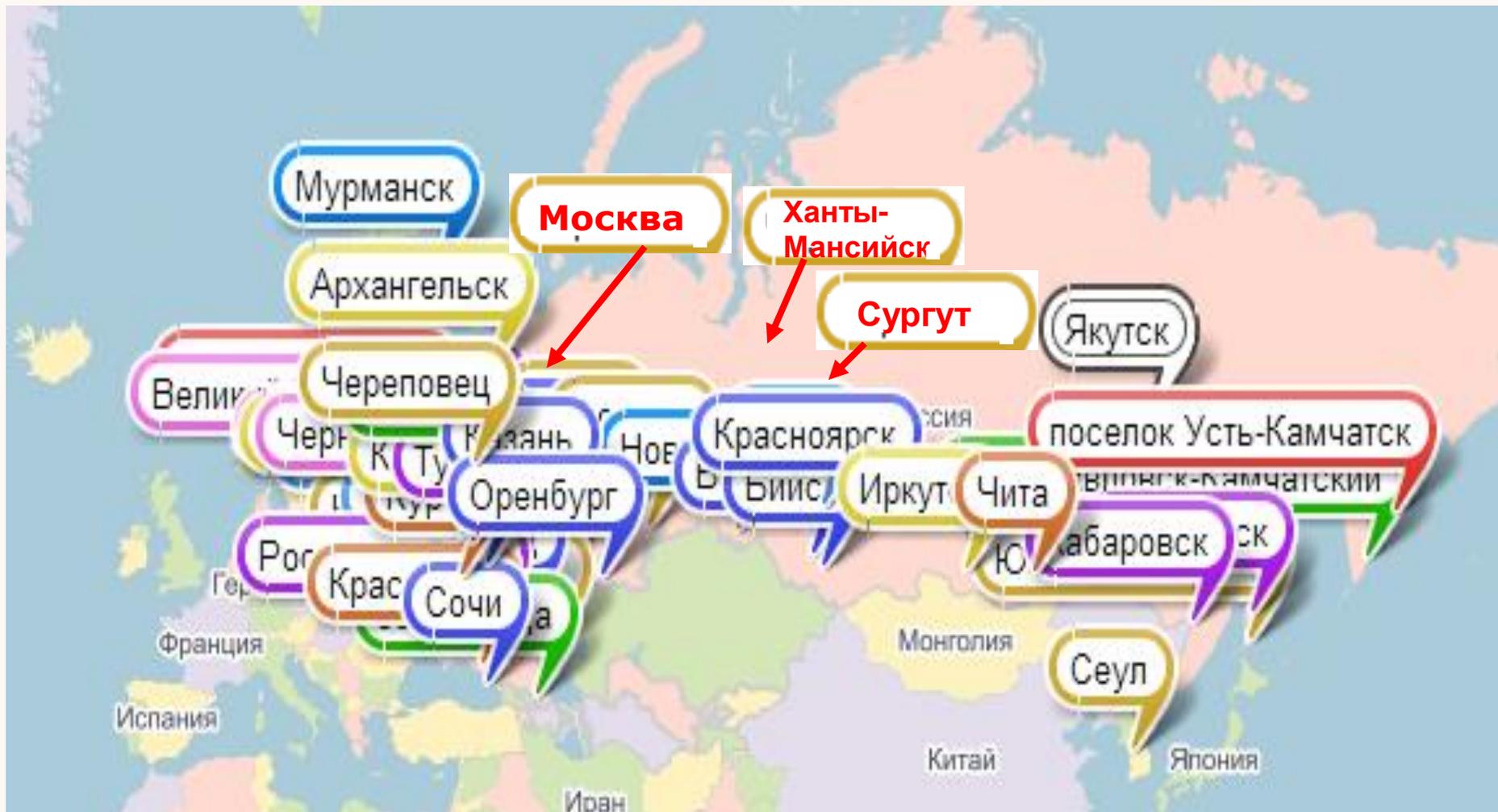


Схема обработки и анализа медицинских изображений с использованием компьютерных методов



Исследование гемодинамики сердца и коронарных сосудов

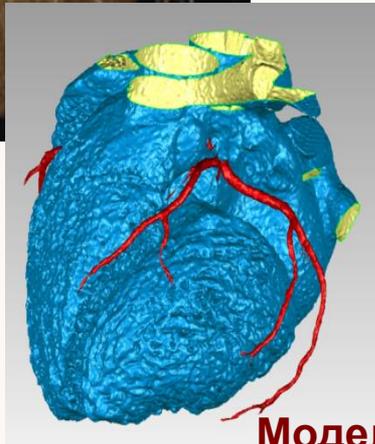
MPT

3D КТ

MR Heart Results

Частота сердцебиения: 80 ударов/мин
Рост пациента: 175 см
Вес пациента: 96 кг

	Значение	Единицы
Ударный объем (SV)	44.46	мл/удар
Минутный объем сердца (CO)	3.56	л/мин
Конечно-диастолический объем (EDV)	220.48	мл
Ударный индекс (SI)	20.85	(мл/удар)/м ²
Фракция изгнания (EF)	20.16	%
Площадь поверхности тела (BSA)	2.13	м ²
Конечно-систолический объем (ESV)	176.02	мл
Масса миокарда (MM)	160.33	г
Объем миокарда (MV)	152.69	мл
Индекс массы миокарда (MMI)	1.67	г/кг
Сердечный индекс (CI)	1.67	(л/мин)/м ²

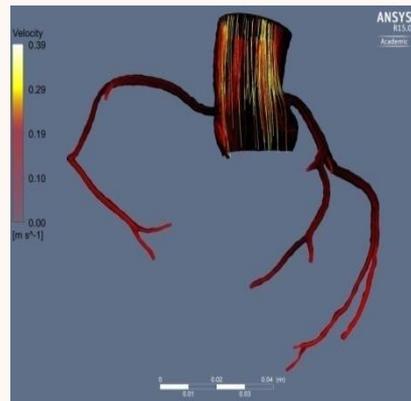


Моделирование гемодинамики коронарных сосудов (пакет ANSYS),
определение резервной фракции потока крови

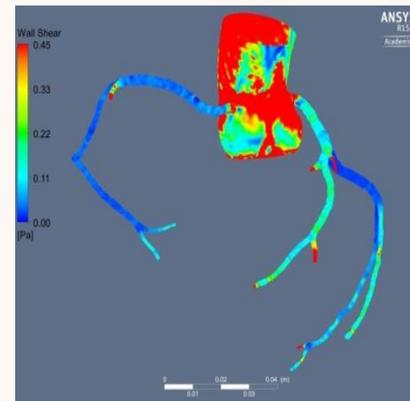
Геометрия коронарных сосудов



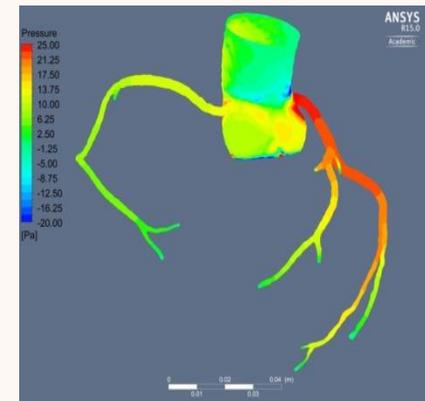
Потоки крови



Градиенты давлений



Напряжения сдвига в стенках



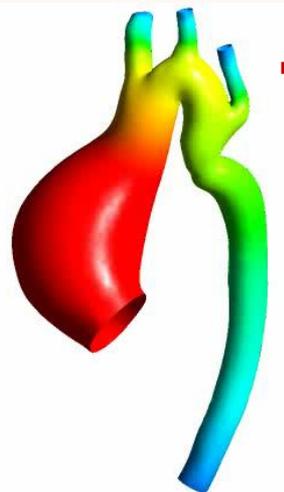
Моделирование гемодинамических процессов в аорте при коарктации (РНЦХ)

ANSYS R15.0
Давление в момент начала систолы

Определение градиента давления в области коарктации аорты

$\Delta P = 10$ мм.рт.ст.

Pressure P
1.300e+004
1.200e+004
1.100e+004
1.000e+004
9.000e+003 [Pa]



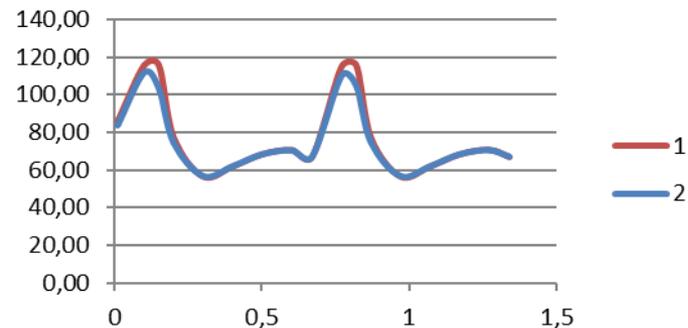
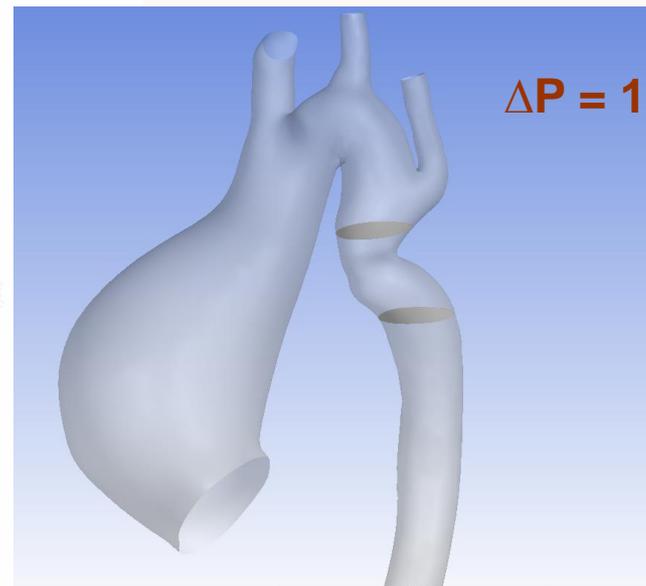
0 0.025 0.050 0.075 0.100 (m)

R15.0

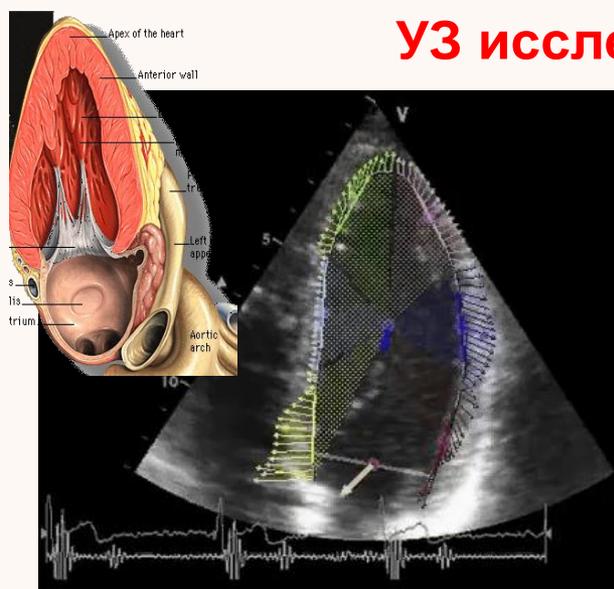
Velocity Streamline 1
3.013e+000
2.260e+000
1.507e+000
7.533e-001
0.000e+000 [m s⁻¹]



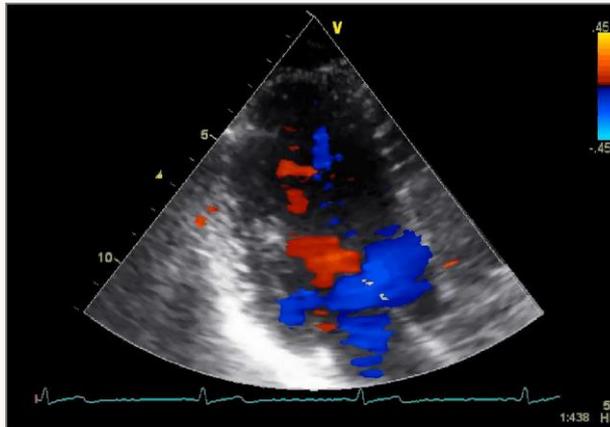
0 0.025 0.050 0.075 0.100 (m)



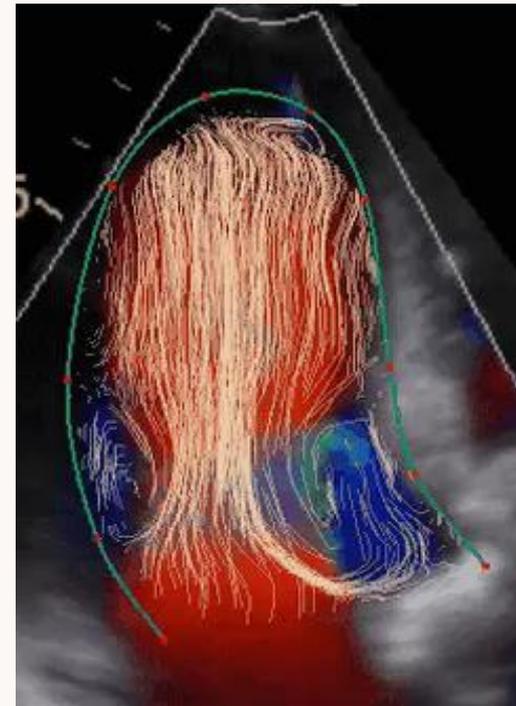
УЗ исследование работы сердца (РНЦХ)



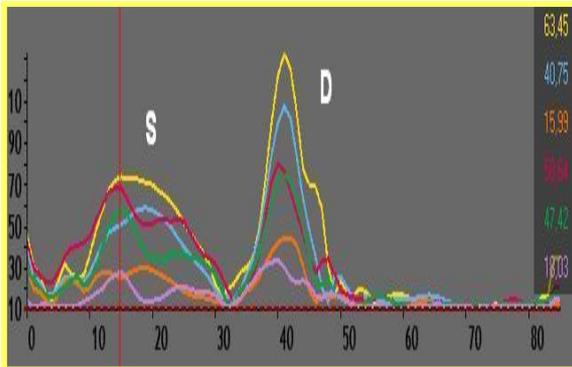
УЗ, цветно доплер, ЛЖ



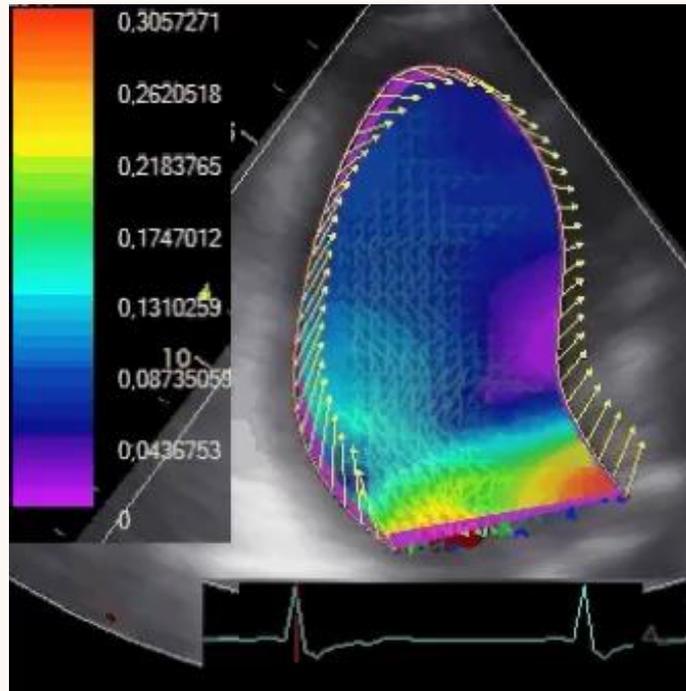
Потоки крови в ЛЖ



Асинхронность сокращения сегментов ЛЖ

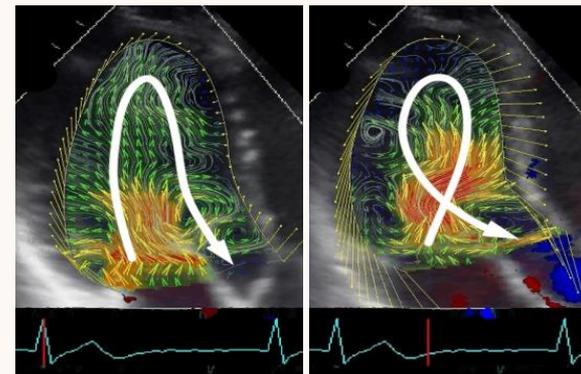
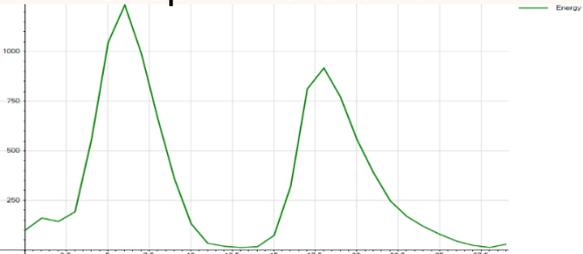


Градиент давления



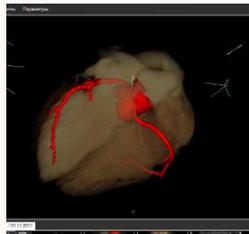
Направления потоков крови в норме и при патологии

Энергия потока в ЛЖ



Мультимодальная обработка изображений сердца

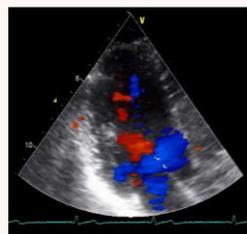
MSCT



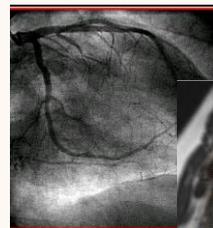
MRI



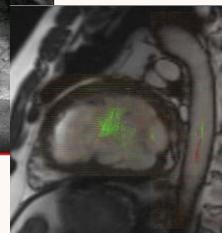
US



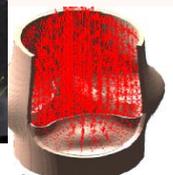
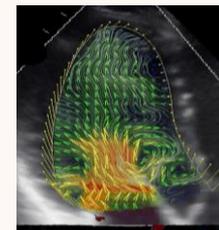
Ангио



MRI



Скорость
потока крови



(d) $t = 0.275$ [s]

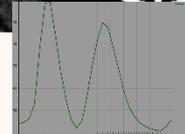
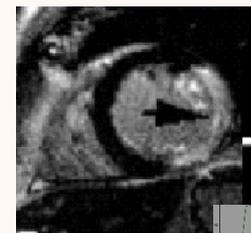
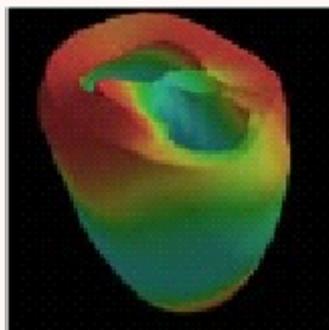
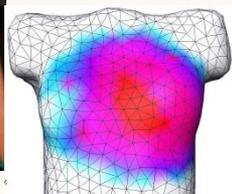
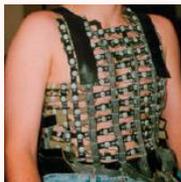
Анатомия сердца

**Комплексное
исследование
сердца**

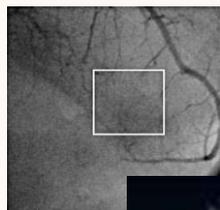
Динамика крови

Сократимость миокарда

Электрическая
активность

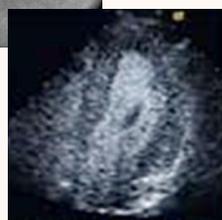


Ангио

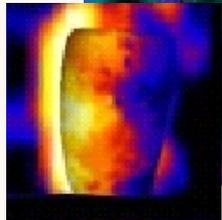


Перфузия миокарда

US



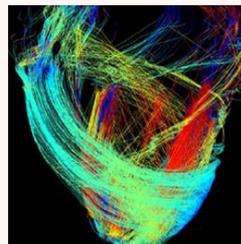
Перфузия
SPECT



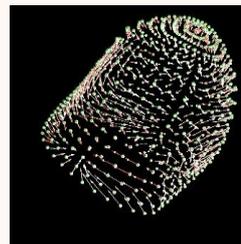
Перфузия
MRI



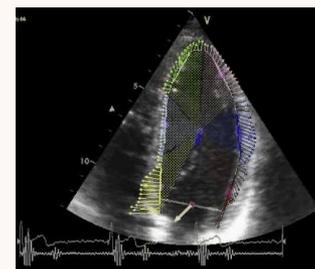
Ориентация
волокон
DT MRI



US



Механическая
активность



Премия правительства РФ 2012г.

«Разработка и внедрение в широкую медицинскую практику современных новых методов диагностики и лечения дисфункции миокарда»



Сотрудники НИИЯФ МГУ стали лауреатами премии Правительства РФ 2012 года в области науки и техники



Сотрудники НИИЯФ МГУ в составе авторского коллектива удостоены государственной премии и почётного звания лауреата. В распоряжении Правительства РФ от 27 февраля 2013 г. №254-р. сообщается: «Присудить премии Правительства Российской Федерации 2012 года в области науки и техники и присвоить звание «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники»: <...> Гаврилову Андрею Васильевичу, кандидату технических наук, заведующему лабораторией Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В.Скобельцына федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Куликову Игорю Владимировичу, программисту первой категории, Риттер Елене Евгеньевне, ведущему электронику, - работникам Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В.Скобельцына того же учреждения

Исследование гемодинамики сосудов и аневризм

Д.м.н. проф.
акад. В.В.Крылов



КТ ангиография
пациента
DICOM файл

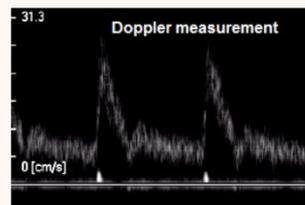
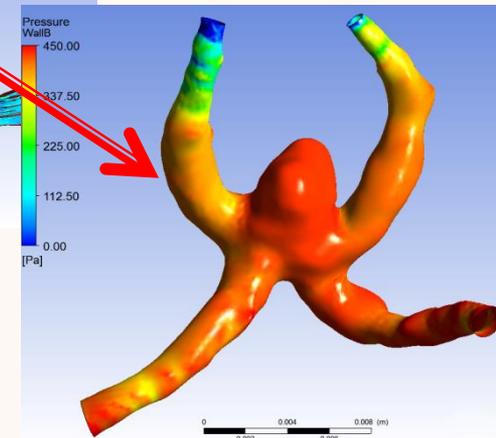
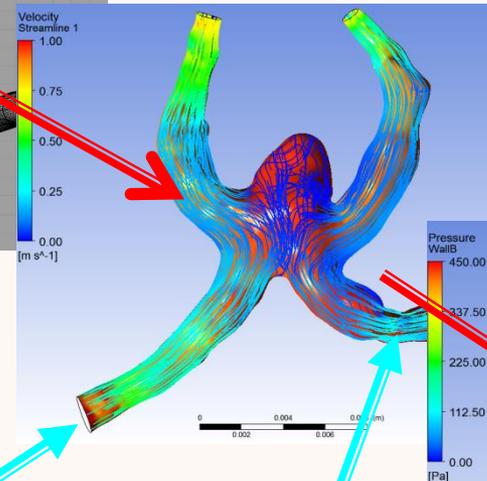
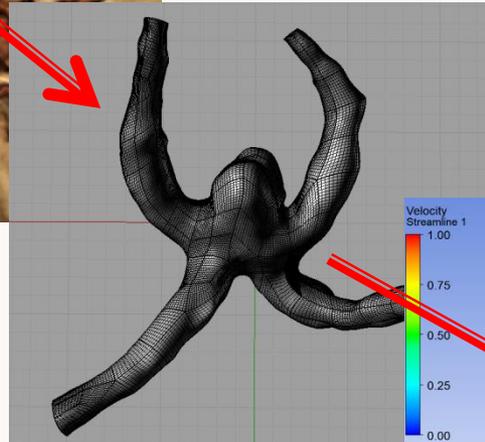
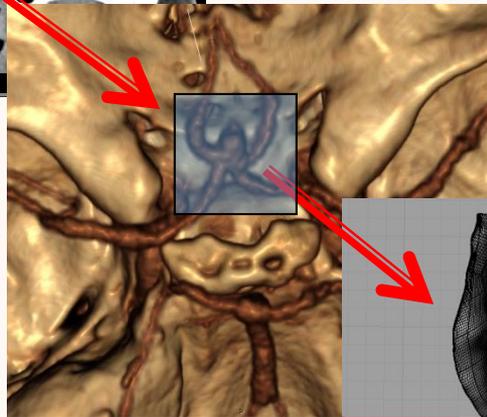
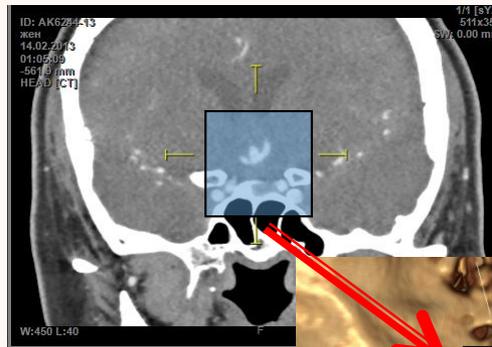
3D анатомия

Сегментация,
цифровая сетка

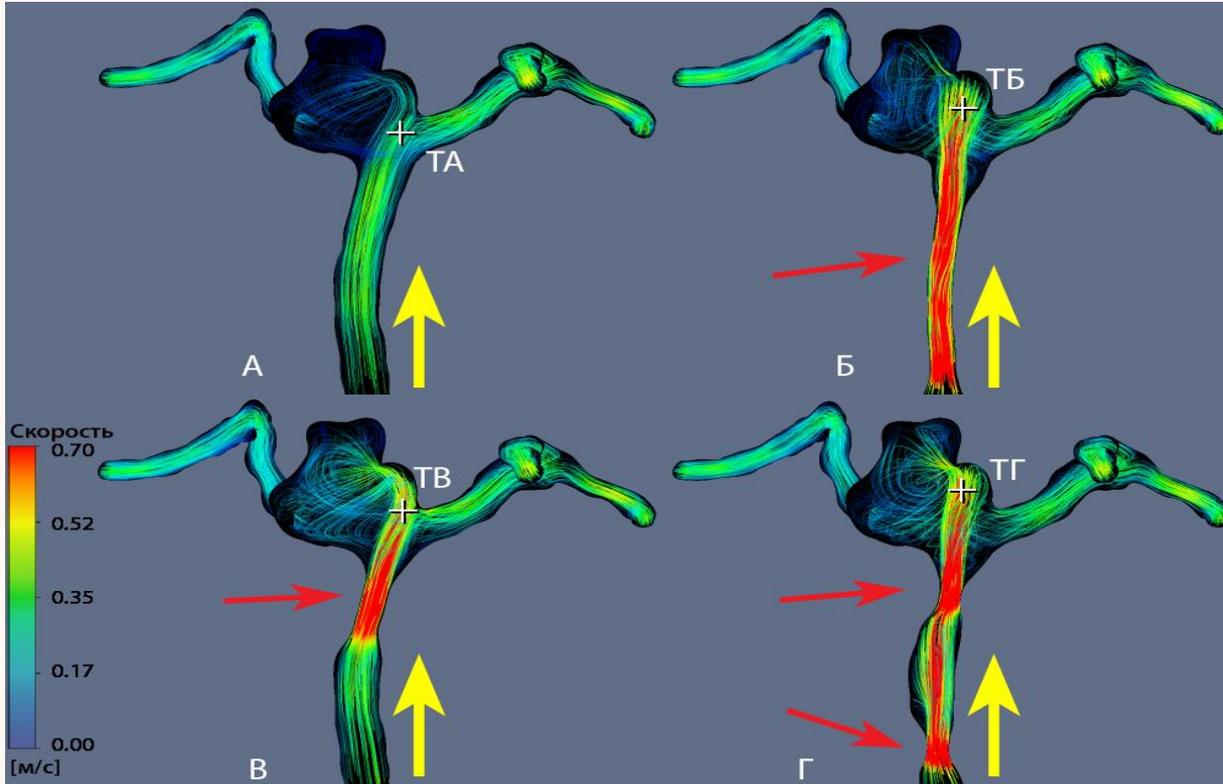
Моделирование
взаимодействия
жидкость – тв. тело:

- потоки, силы,
- деформации,
- напряжения,
- ...

Направления входящих
потоков крови



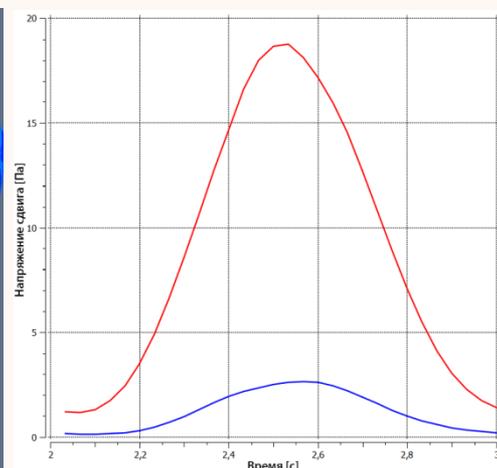
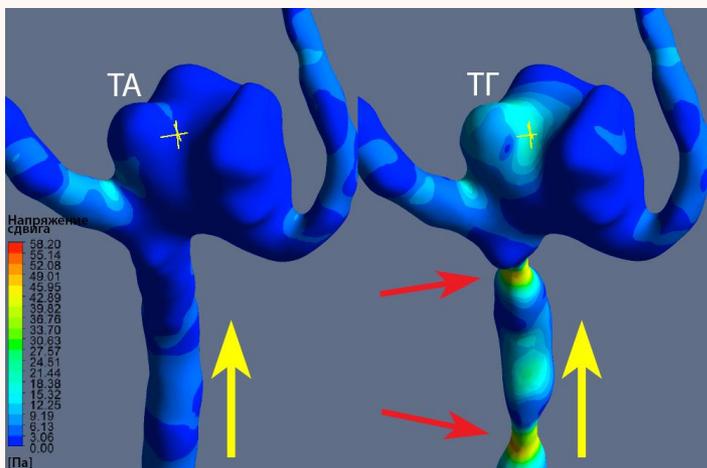
Потоки крови и напряжения сдвига в подводящем сосуде и в аневризме при разных условиях стеноза



Скорости потоков крови:
в точке ТА равна 0.33м/с,
в точке ТБ равна 0.78м/с,
в точке ТВ равна 0.86м/с,
в точке ТГ равна 0.93м/с.

Скорость в точке:
ТГ > ТА в 2,8 раза

Кинетическая энергия
потока в:
ТГ > ТА в 7.9 раза

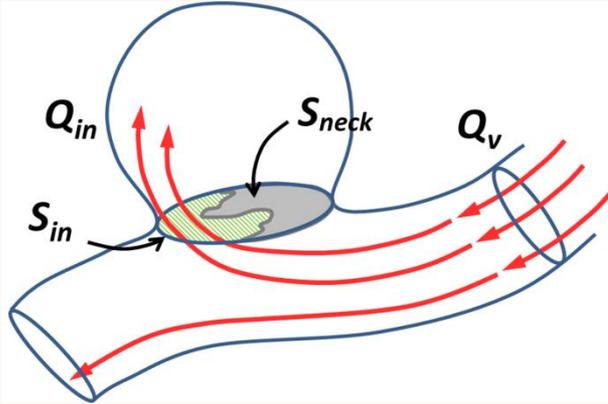


Напряжения сдвига (Нсд):
для точки ТА ~ 2.5Па,
для точки ТБ ~ 12Па,
для точки ТВ ~ 14Па
для точки ТГ ~ 18Па.

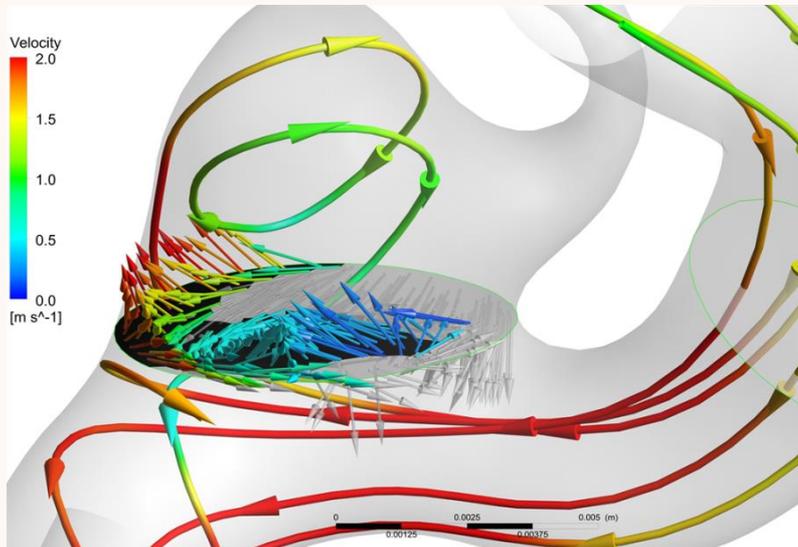
Нсд
ТГ > ТА в 7,6 раза

Движение крови в аневризме и изменение напряжения сдвига в области гемодинамического удара

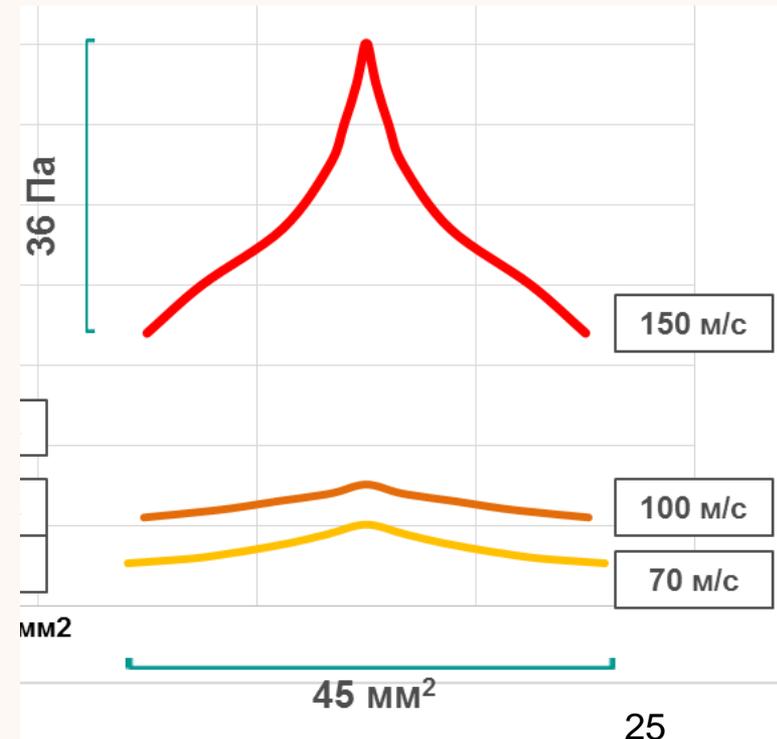
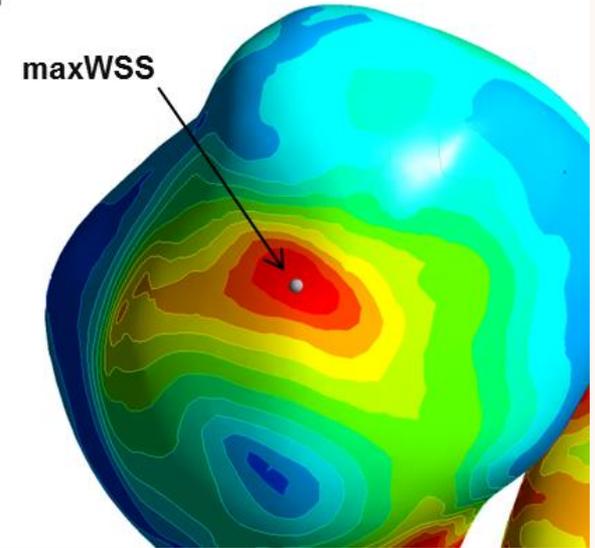
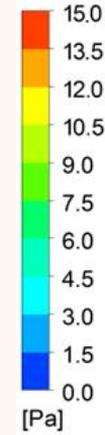
Движение крови в аневризме



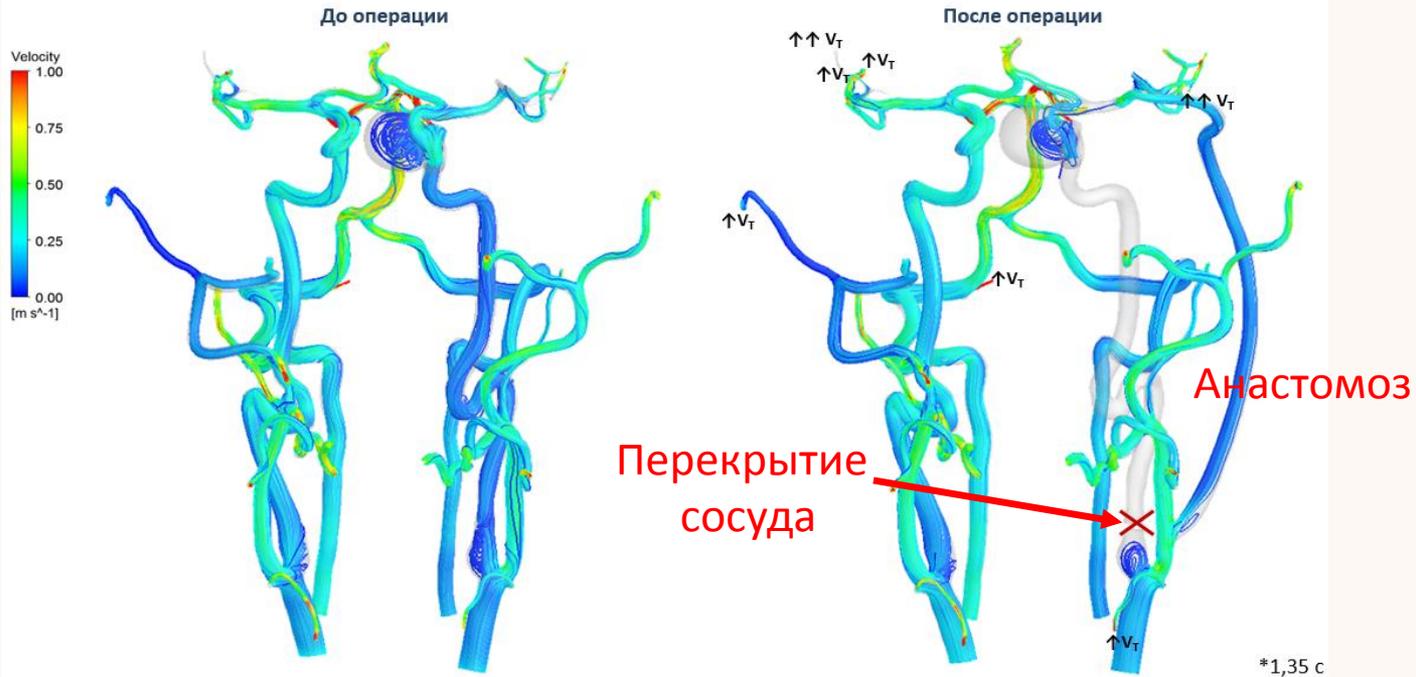
$$ICI = \frac{Q_{in}/Q_v}{S_{in}/S_{neck}}$$



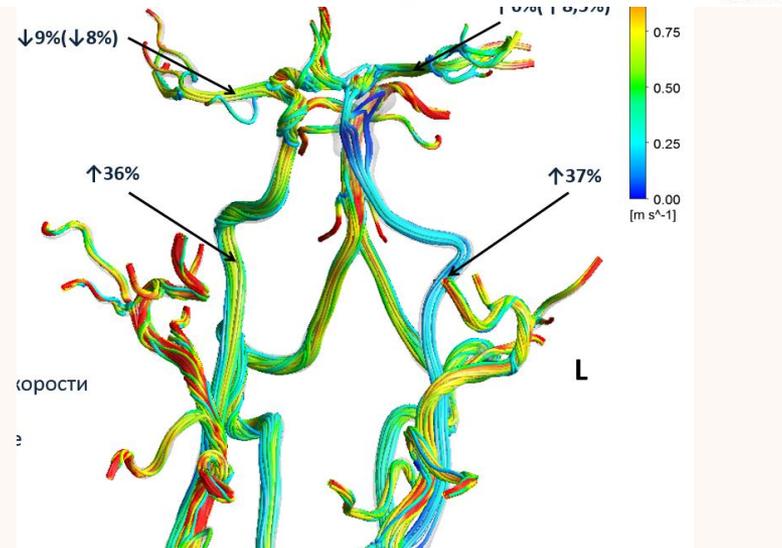
Wall Shear



Моделирование изменений гемодинамики при установке анастомоза (НИИ СП им. Н.В.Склифосовского)

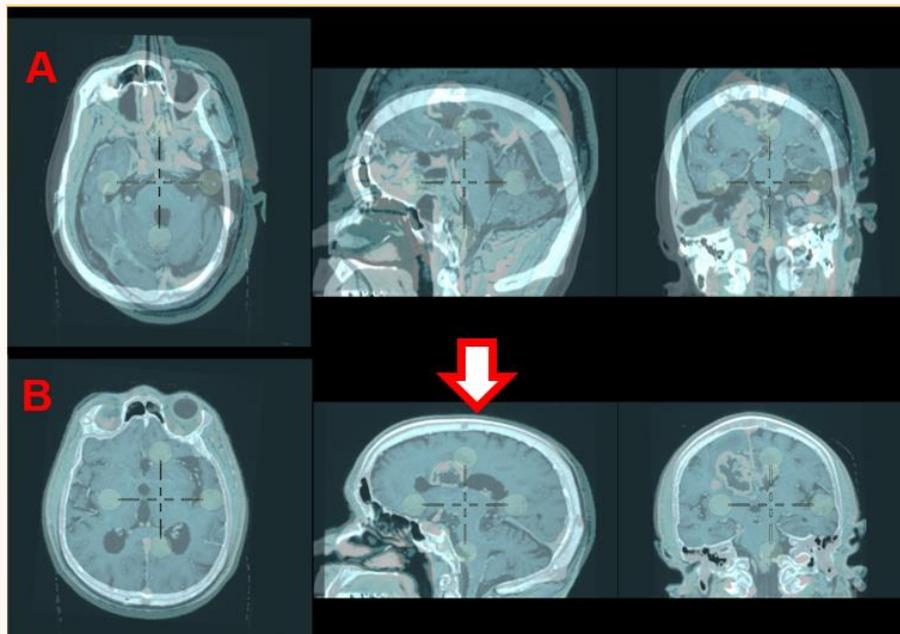


Верификация результатов моделирования при контроле потоков крови по фазово-контрастному МРТ

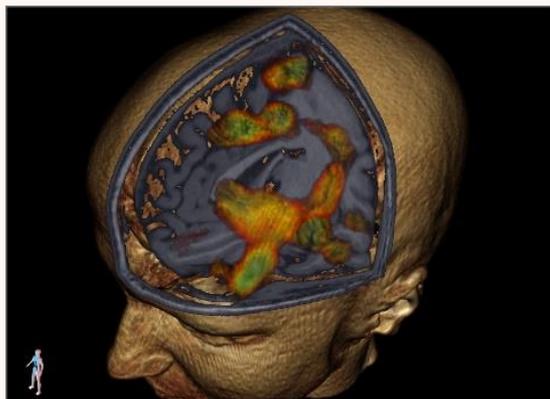


Обработка изображений головного мозга

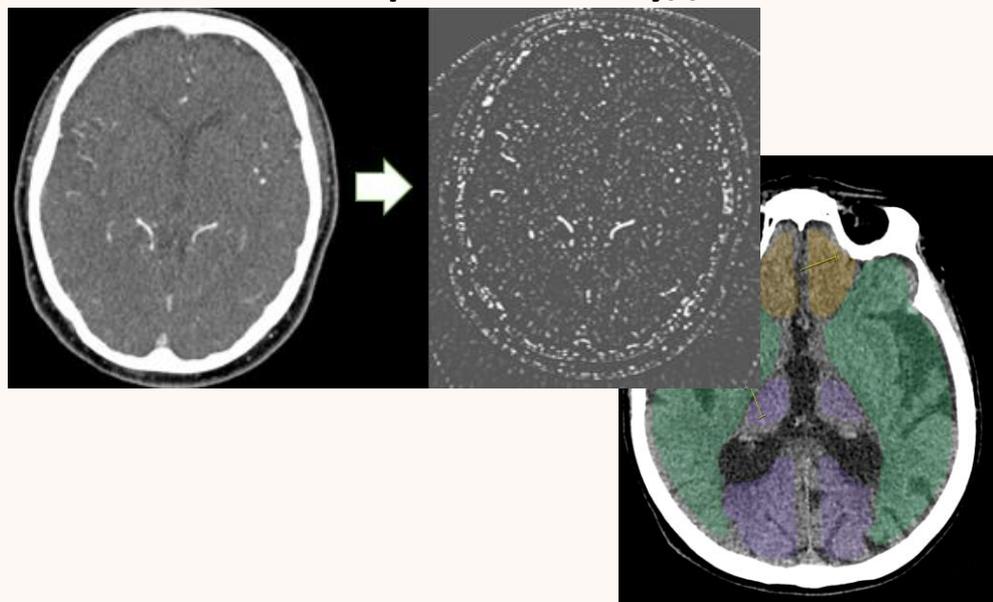
Наложение 3D КТ и МРТ изображений



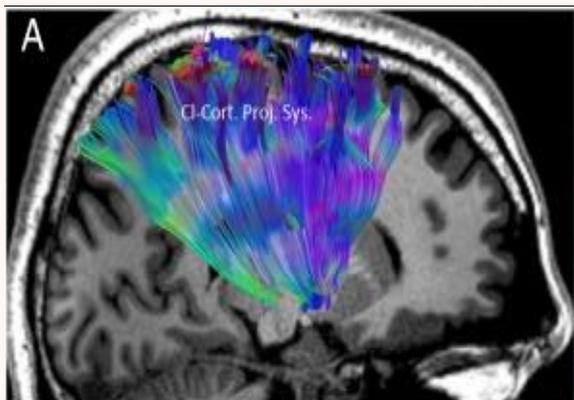
Наложение 3D анатомического и функционального МРТ



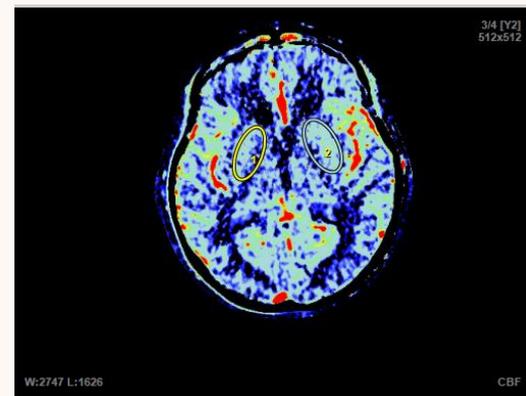
По КТА определение коллатералей и построение атласа бассейнов магистральных сосудов



Построение диффузионно – тензорных МРТ изображений



Построение карт перфузии по КТ/МРТ



Информационная система для оценки состояния кровообращения головного мозга при хронических и острых инсультах (грант РФФИ) (НИИ СП им. Н.В.Склифосовского)

Клинические данные

Данные об обращении и клинике

ФИО XXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXX № ИБ 51354/2018 Возраст 94 г.

Данные об обращении

Основной диагноз:

Подтип ОНМК:

Тип геморрагической трансформации:

Дата начала заболевания: :

Дата поступления: : Дней в ОРИТ:

Дата выписки/смерти: : Исход обращения:

Лечение:

Способ лечения	Дата и время начала	Время окончания	Исход операции
<input checked="" type="checkbox"/> Тромболизис	<input type="text" value="29.12.2018"/> <input type="text" value="21"/> : <input type="text" value="00"/>	<input type="text" value="22"/> : <input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="Успешно"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Тромбоэкстракция	<input type="text" value="29.12.2018"/> <input type="text" value="22"/> : <input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="23"/> : <input type="text" value="55"/>	<input type="text" value="Неуспешно"/>

Сопутствующая патология и факторы риска

Рост: 155 см Вес: 55 кг ИМТ: 22.89

Гипертоническая болезнь, Атеросклероз, Аритмия, ИБС

Факторы риска, выявленные при госпитализации

Балльная оценка по шкалам

1 Сбор данных: КТ, МРТ, УЗИ, ...

2 Сегментация областей интереса

3 Извлечение характеристик

Интенсивность Геометрия

Текстура

2	3	4	3	4
3	4	2	4	3
2	1	3	2	4
1	2	2	3	4
2	1	1	4	2

4 Поиск биомаркеров Построение моделей

КТ головного мозга без контрастирования

ФИО XXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXX № ИБ 51354/2018 Возраст 94 г.

Дата

Прямые признаки ОНМК: ASPECTS

Фокальная гиподенсивность паренхимы

Косвенные признаки ОНМК:

Смещение средних структур:

Кальцинированные бляшки:

	Слева	Справа
Сильвиевы шели	<input type="text" value="Расширены"/>	<input type="text" value="Расширены"/>
Конвекситальные борозды	<input type="text" value="Расширены"/>	<input type="text" value="Расширены"/>
Базальные цистерны	<input type="text" value="Расширены"/>	<input type="text" value="Расширены"/>
Желудочки	<input type="text" value="Расширены"/>	<input type="text" value="Расширены"/>

ВКК1 28 %; ВКК2 22 %; ВКК3 2 %; ВКК4 10 %

Описание

Средние структуры не смещены. Желудочки мозга: ВКК4ж: -10%, ВКК3ж: -2%. Боковые желудочки симметричные, расширены: ВКК1 - 38%, ВКК2 - 22% (без динамики), ВКК тел - 29%.

Перивентрикулярно определяется зона лейкоареоза.

Цистерны основания мозга прослеживаются, расширены: Сильвиевы шели и конвекситальные борозды прослеживаются с обеих сторон, расширены. В правой височной доле определяется зона пониженной (до 15eH) плотности с четкими, округлыми контурами объемом до 6см3.

Гиперостоз лобной кости, гипоплазия правых отделов лобной пазухи.

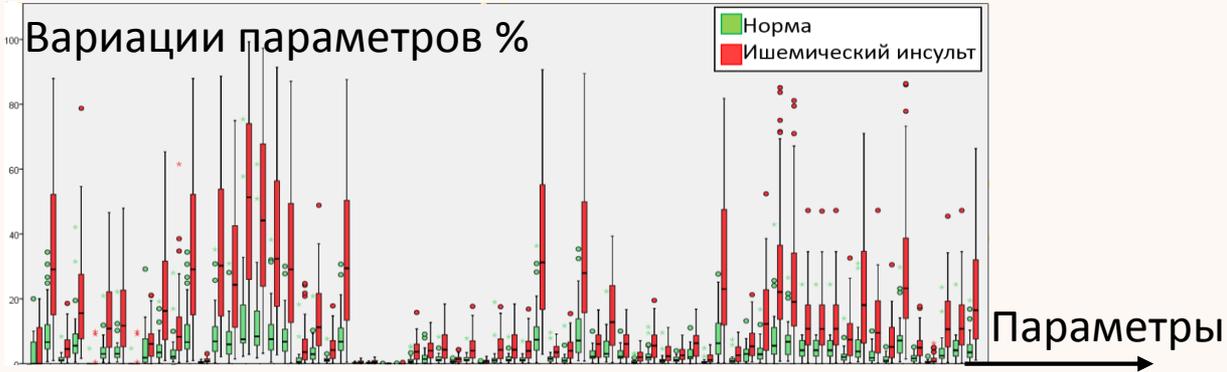
Положение, форма, размеры, контуры и структура ушной раковины обычные. В просвете хрящевой и костной части наружного слухового прохода содержится однородной структуры со сниженной плотностью галла.

Кости наружного и полости носа - положение, форма, размеры обычные, контуры ровные, четкие, структура однородная, со значениями плотности кости.

Придаточные полости носа - воздушные.

Заключение

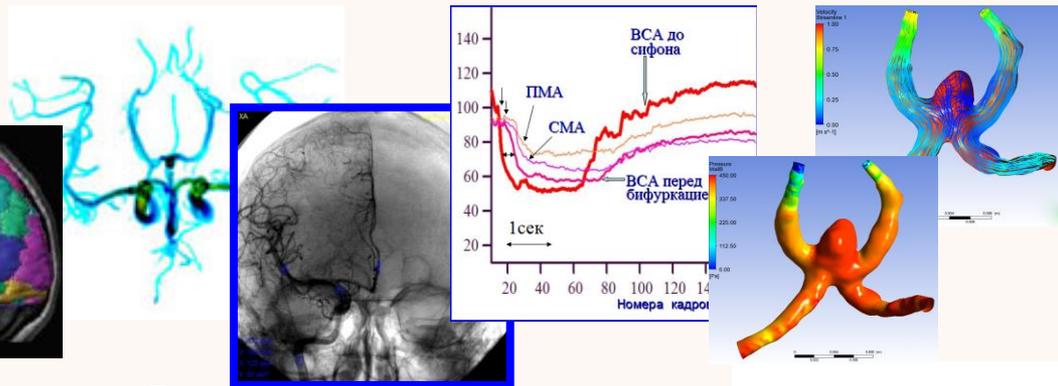
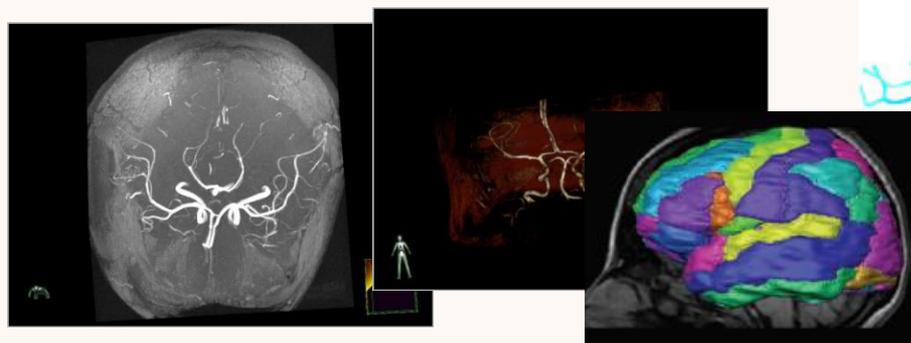
КТ-признаки ишемических изменений правой височной доли 6см3; симметричной смешанной гидроцефалии (ВКК2-22); лейкоареоза; гиперостоза лобной кости.



Использование на практике:

- Ранняя диагностика ишемического инсульта, прогнозирование роста области ишемии
- Оценка риска геморрагической трансформации, прогноз
- Выбор тактики лечения пациента.

Мультимодальная обработка изображений головного мозга



МРТ/КТ/ангиография **Анатомия мозга**

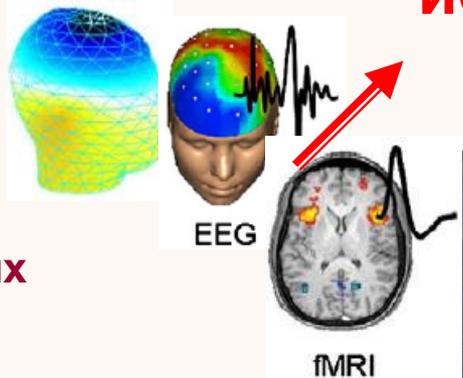
Выделение и исследование сосудов, определение потоков и градиентов давлений

Функциональные СВЯЗИ

Электрическая активность

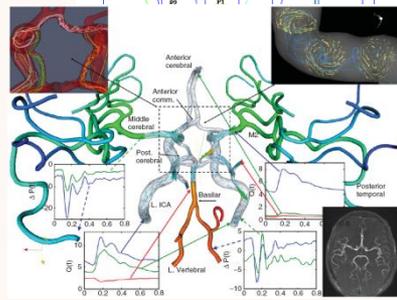
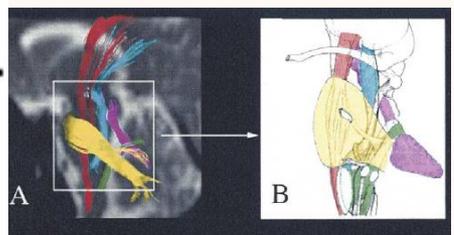
Комплексное исследование мозга

Граф сосудов мозга



Потоки крови

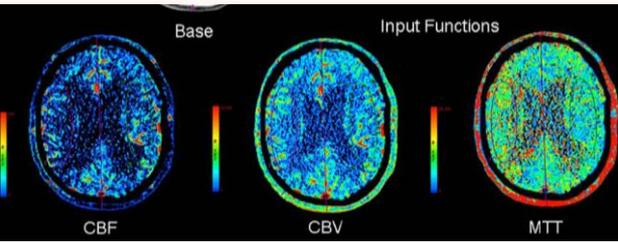
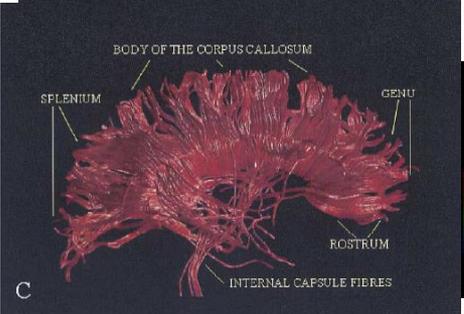
Граф-модели функциональных связей



Анатомические и функциональные СВЯЗИ

Перфузия мозга

Ориентация ВОЛОКОН



Моделирование нейрохирургической операции на виртуальном тренажере в симуляционном центре КМЦ ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова

Светоотражающие маркеры

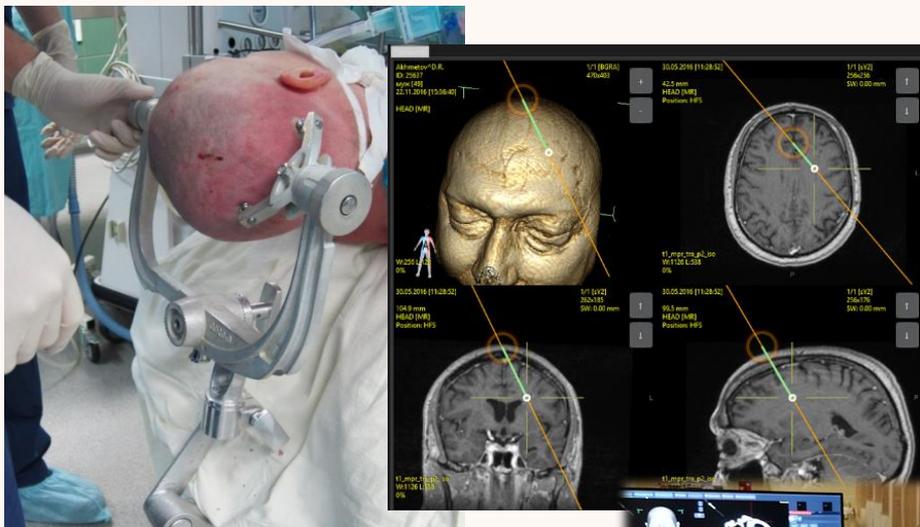


Ошибка попадания в мишень не более 0.7 мм.

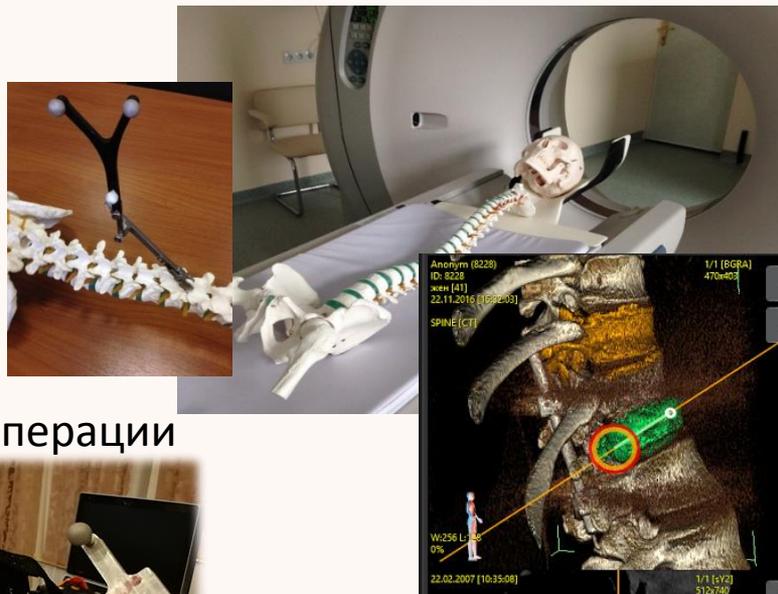


Виды хирургических операций с применением стереоскопической навигационной системы

Операции на головном мозге



Операции на позвоночнике



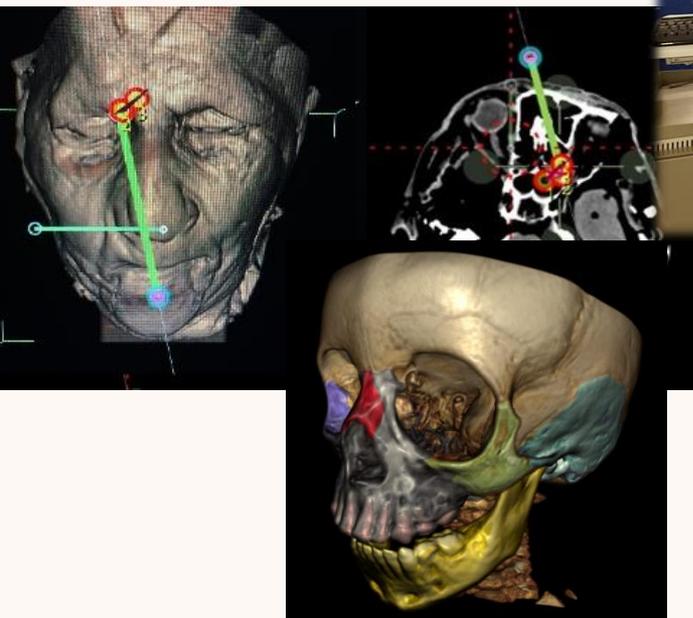
ЛОР операции



Ортопедические операции



Челюстно-лицевые операции



Выполнение нейрохирургических операций при использовании стереонавигационной системы в операционной (Клинического Мед Центра ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова)



МГУ, Фестиваль науки 2018



2020г Март. Информационная система для оценки поражения легких при коронавирусе



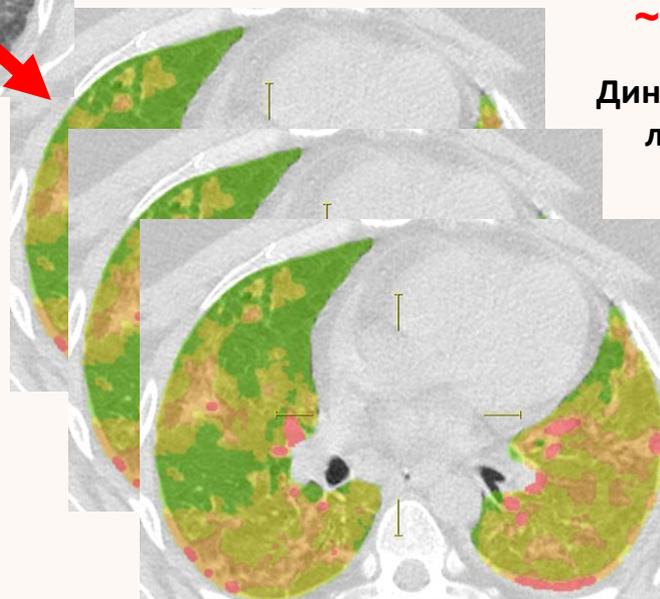
Д.м.н., проф.
С.В.Царенко

Серия КТ изображений легких
больного COVID-19

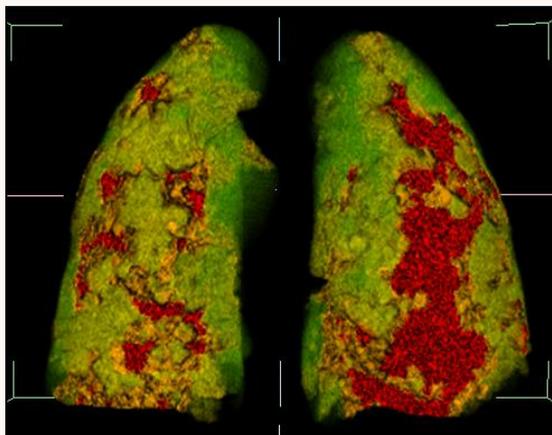


Обработка
КТ данных

Сегментация
патологических
образований в легких

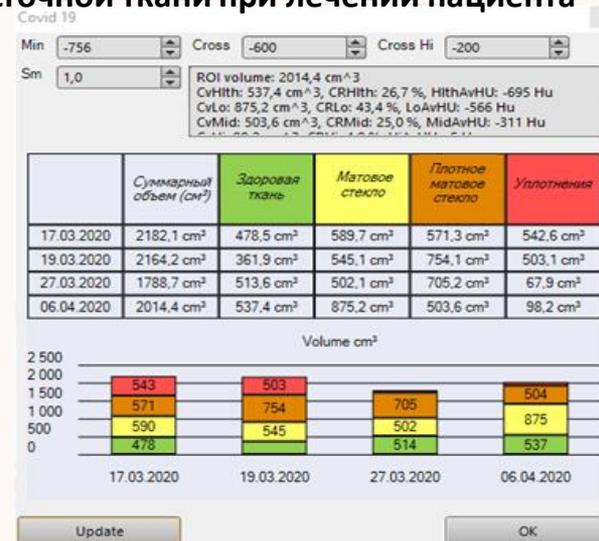


3D визуализация
пораженных участков легких

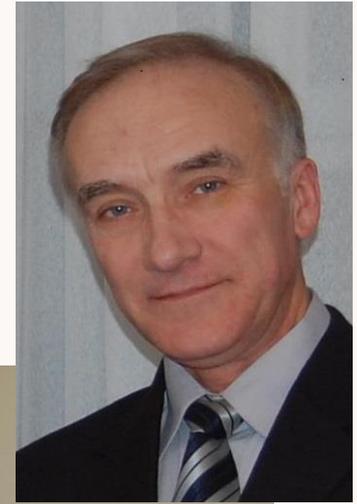


Работа совместно с ЕРИС ДЗ
г.Москвы
аренда 10 серверов,
~ 80 мед. учреждений,
~ 130тысяч КТ исследований.

Динамическая оценка изменений состояния
легочной ткани при лечении пациента



Встреча Нового 2020г. Состав лаборатории



**СПАСИБО
за внимание !**