



МРТ СЕРДЦА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ: ПОШАГОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ

Першина Е.С.

ОСНОВЫ МРТ СЕРДЦА

- Общие показания и противопоказания
- Подготовка к исследованию
- Основные плоскости сканирования
- Ключевые импульсные последовательности

ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ МРТ СЕРДЦА

RESEARCH

Open Access

European cardiovascular magnetic resonance
(EuroCMR) registry – multi national results from
57 centers in 15 countries

- Миокардит (64%)
- Ишемия и постишемические изменения (21%)
- Кардиопатии
- Болезни накопления
- Новообразования
- Пороки сердца

ОГРАНИЧЕНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ МРТ СЕРДЦА

- Тяжелое состояние пациента:
- ✓ Невозможность сохранять неподвижность
- ✓ Тяжелая одышка
- Тяжелые аритмии (невозможность кардиосинхронизац...)
- Наличие оборудования, необходимого для поддержа...
- Металлические имплантаты*

MRISafety.com

Welcome to MRI safety.com!

YOUR RESOURCE FOR MRI SAFETY, BIOEFFECTS,
& PATIENT MANAGEMENT

MRIsafety.com is the premier information resource for magnetic resonance safety.

NB! Скобки, стенты, искусственные клапаны обычно не являются противопоказанием (Синицын В.Е. и соавт., Кардиология, 2007 №1)

СТЕНТЫ



MRI Safety Guidelines

- Все коммерчески доступные стенты совместимы с 1.5 Тл и 3.0 Тл МРТ вне зависимости от сроков установки

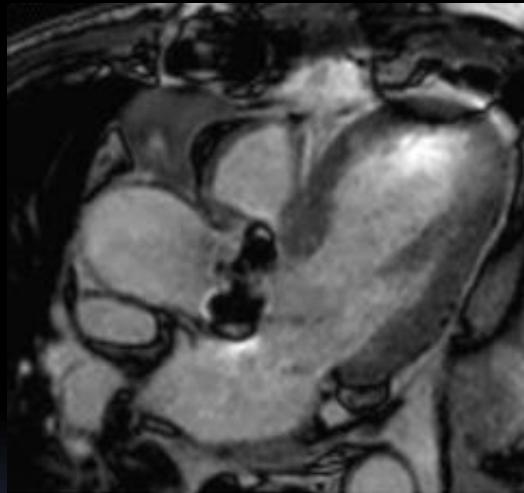
ПРОТЕЗЫ КЛАПАНОВ



60-70 гг.

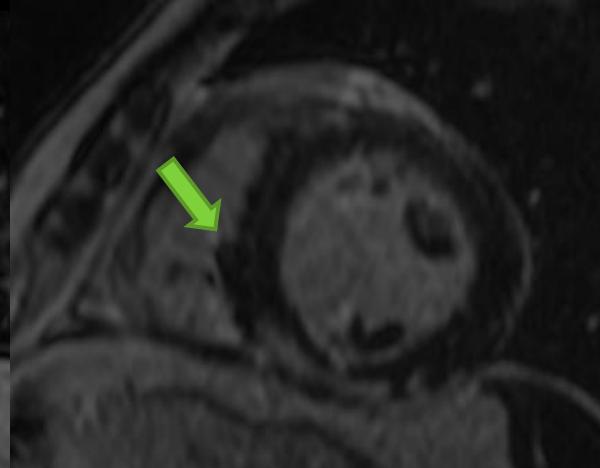
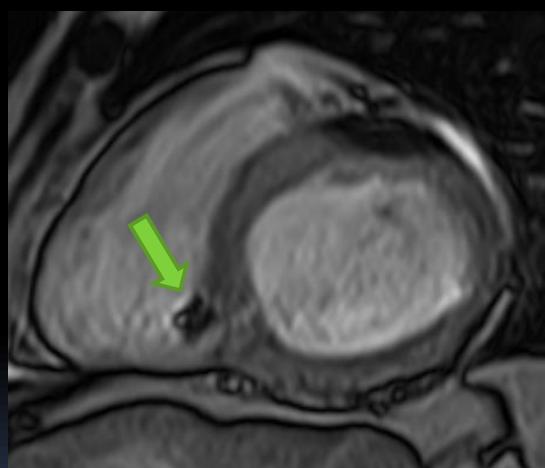


90-е гг. и далее



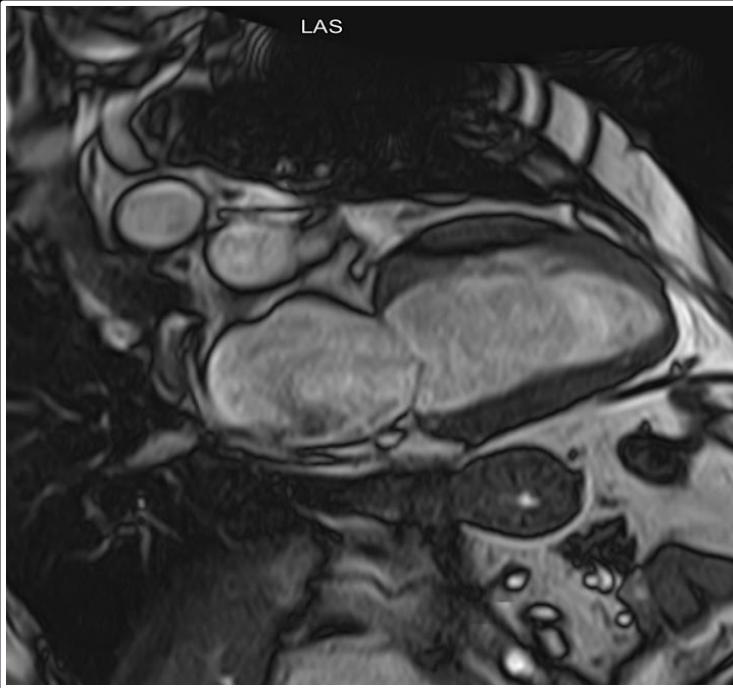
ЭКС, ИКД

- Устройство
- Электроды

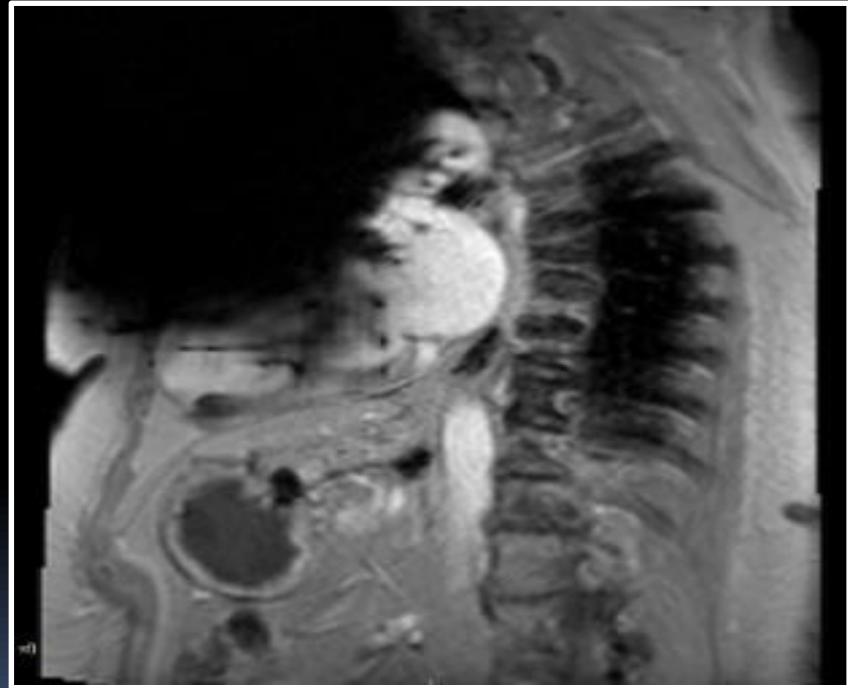


- Отключение или асинхронный режим

ИКС, ИКД



Электрокардиостимулятор (ЭКС)



Кардиовертер – дефибриллятор (ИКД)

ПРОВЕДЕНИЕ МРТ СЕРДЦА ПАЦИЕНТАМ С ИМПЛАНТИРОВАННЫМИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ



ESC

European Society
of Cardiology

European Heart Journal (2021) 42, 3427–3520
doi:10.1093/eurheartj/ehab364

ESC GUIDELINES

2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy

Developed by the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC)

- Проведение МРТ при МР-несовместимых системах
возможно (класс IIa)

Safety of M
in Patients

Saman Nazaria

Safety of magnetic
pacemakers and defibrillators and abandoned leads

Deepak Padmanabhan, DM • Danesh K. Kella, MBBS • Ramila Mehta, MS • ... Yong-Mei Cha, MD, FHRS •

Heart Rhythm 2018

Imaging in patients with
electronic devices: focus
on magnetic resonance

Abdalla¹, El-Sayed H. Ibrahim², Hemant Parmar²,
Goodman¹, Carey Fette¹, Hakan Oral¹,

Europace 2017

Guidelines on magnetic
resonance imaging in patients
with implantable sensing devices:
an unrestricted patient population

Acta Radiol 2019

МРТ СЕРДЦА: ЧТО НУЖНО

- Сканер
- Кардиопакет (cine-bSSFP, перфузия, LGE, Flow, 3D-angio)
- Кардиальная/многоканальная Body катушка (>8 элементов)
- Кардиосинхронизация
- Программное обеспечение
(постобработка)
- Контрастное усиление



1.5 Тл



3.0 Тл

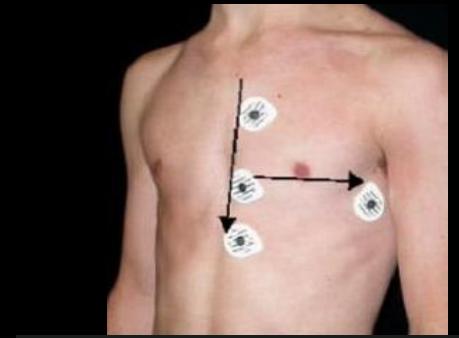
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ДВУХКОЛБОВЫЙ ИНЖЕКТОР



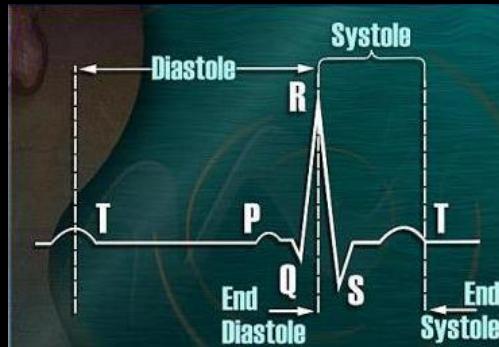
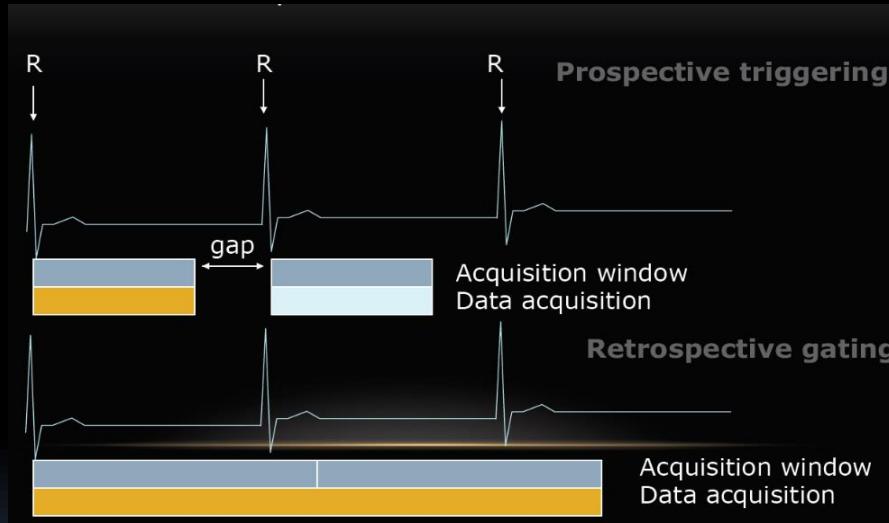
- 0.05-0.1 ммоль/кг веса
- 3-5-7 мл/сек
- Физ. раствор 30 мл

ПОДГОТОВКА ПАЦИЕНТА

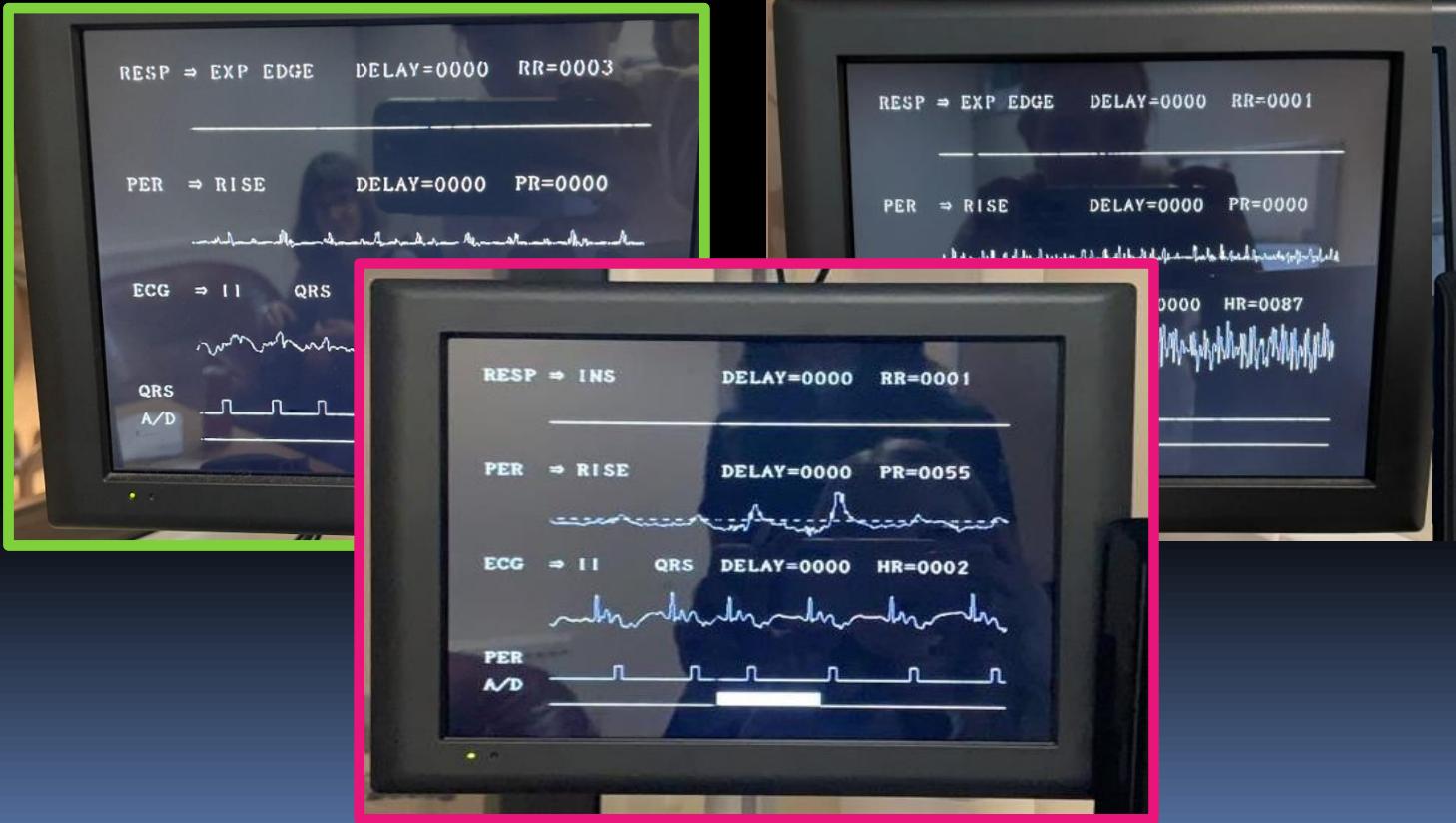
- Анкета опроса, сопутствующая документация (ЭХО-КГ)
- Инструкция по дыханию
- Вес, рост
- Установка внутривенного катетера (двух)
- Синхронизация с дыханием
- Кардиосинхронизация



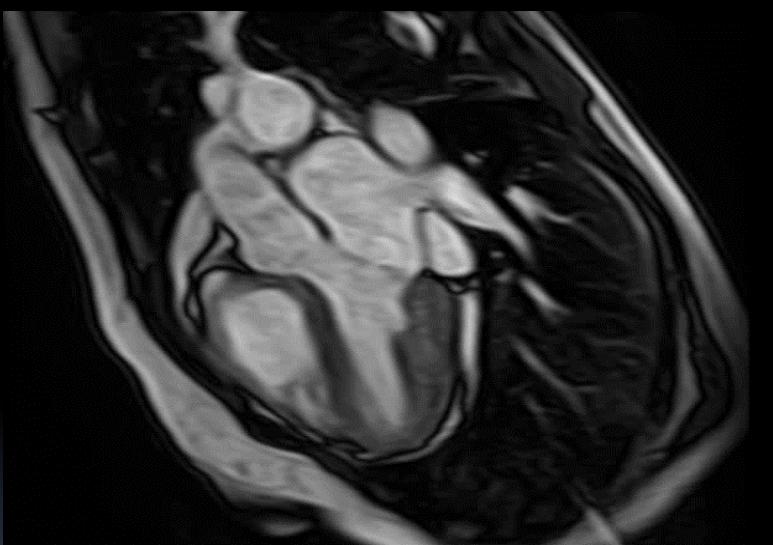
КАРДИОСИНХРОНИЗАЦИЯ. СИНХРОНИЗАЦИЯ С ДЫХАНИЕМ.



КАРДИОСИНХРОНИЗАЦИЯ



КАРДИОСИНХРОНИЗАЦИЯ



ЧТО ДЕЛАТЬ

- Смочить электроды
- Побрить кожу
- Переместить электроды
- Выбрать наиболее удачное отведение (обычно авт.)
- Периферическая синхронизация (по пульсу)

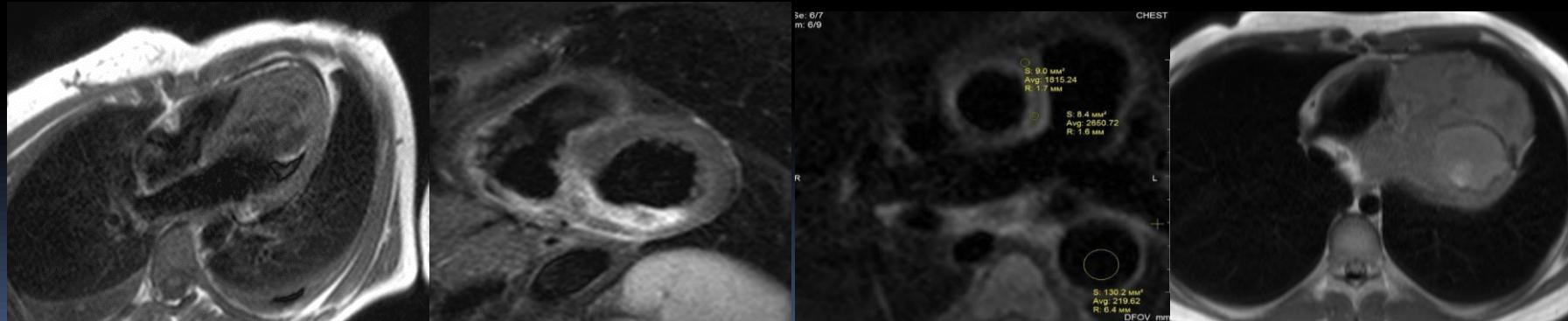


МРТ СЕРДЦА: ОСНОВНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ПЛОСКОСТИ

- **Spin-echo (SE)** ("с черной кровью")
 - ✓ FSE, TSE, BB (T_1 , T_2)
- **Gradient echo (GRE)** ("со светлой кровью")

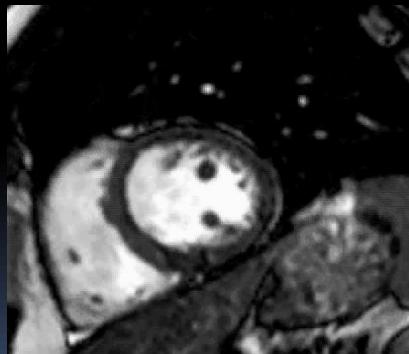
МРТ СЕРДЦА: ОСНОВНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ПЛОСКОСТИ

- Spin-echo (SE) ("с черной кровью")
- ✓ FSE, TSE, BB (T_1 , T_2)



МРТ СЕРДЦА: ОСНОВНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ПЛОСКОСТИ

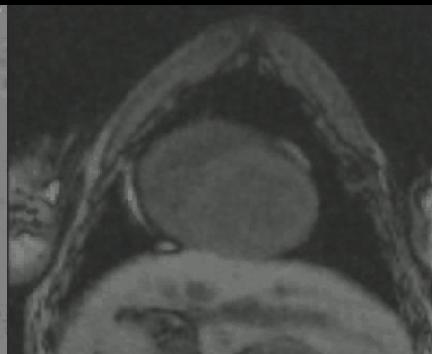
- Gradient echo (GRE) ("со светлой кровью")



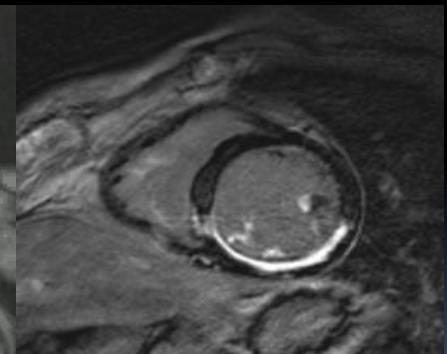
bSSFP (FIESTA)



PC FLOW



FGRET



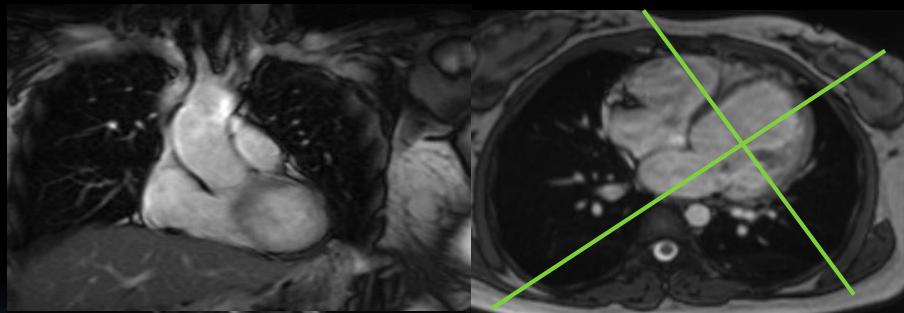
MDE

ОСНОВНЫЕ СЕРДЕЧНЫЕ ОСИ

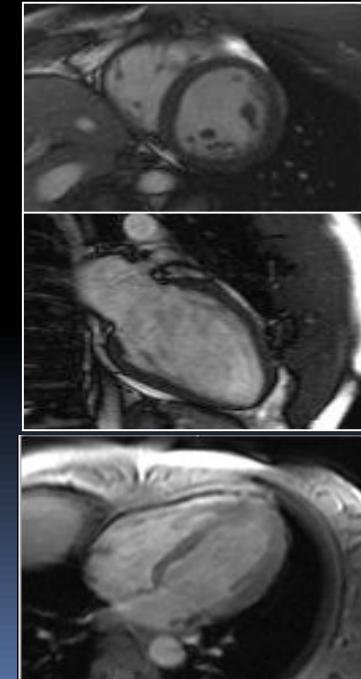
- Двухкамерная короткая ось (**Short Axis**)
- Двухкамерная длинная ось (**2-Chamber**)
- Четырехкамерная ось (**4-Chamber**)
- Выносящие тракты правого и левого желудочков, ВТЛЖ, ВТПЖ (**LVOT, RVOT**)

ЛОКАЛАЙЗЕР

Анатомический (в 3-х плоскостях)



«сердечный»
(в 3-х плоскостях)

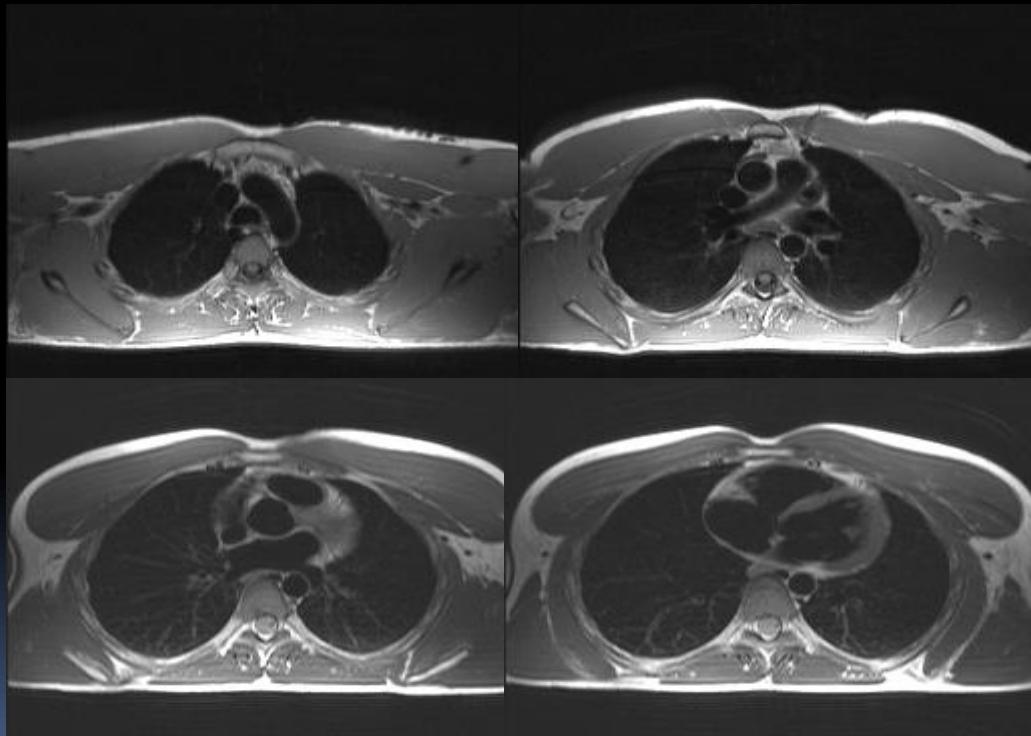
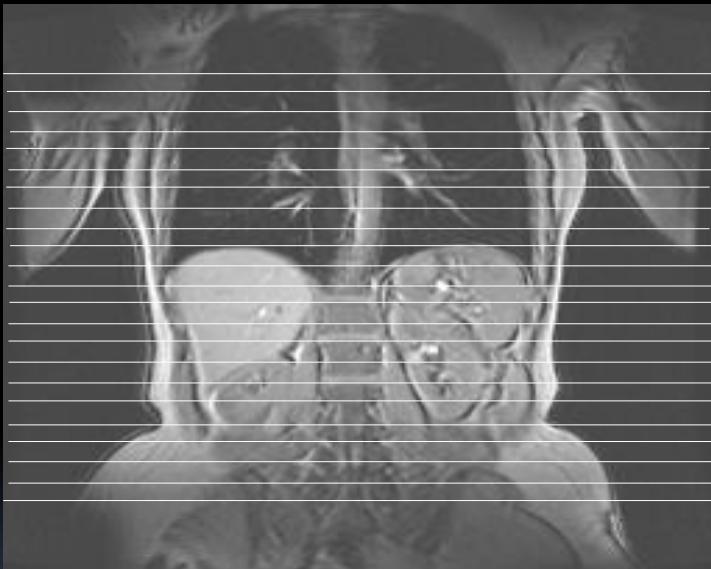


4 ch

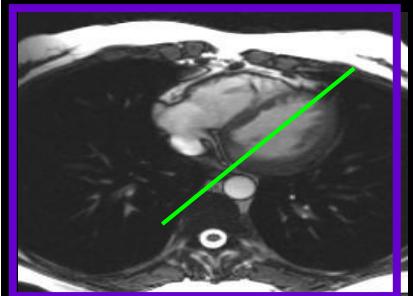
SA

2 ch

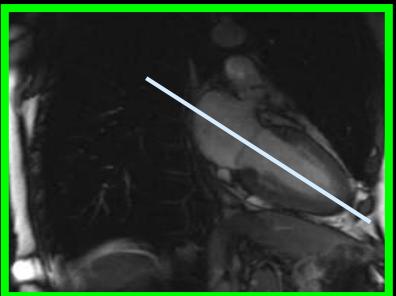
АНАТОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ



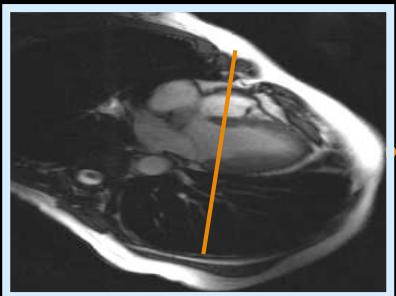
ОСНОВНЫЕ ОСИ



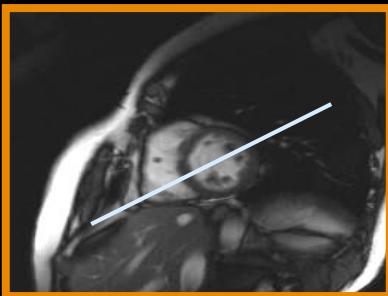
Аксиальная



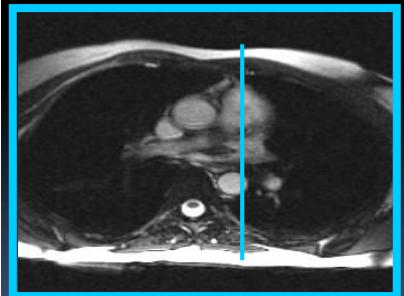
2-х камерная ось



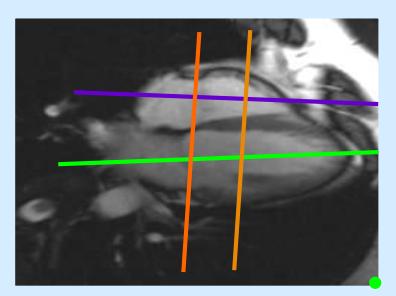
Четырехкамерная ось



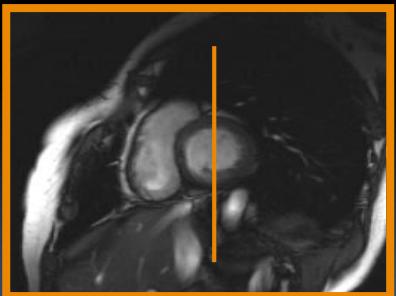
Короткая ось



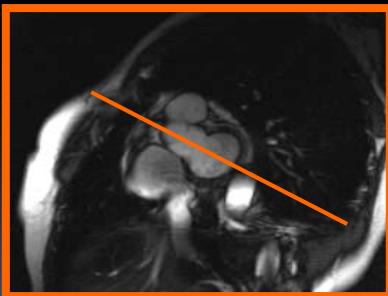
Аксиальная
для ВТПЖ



4-х камерная ось

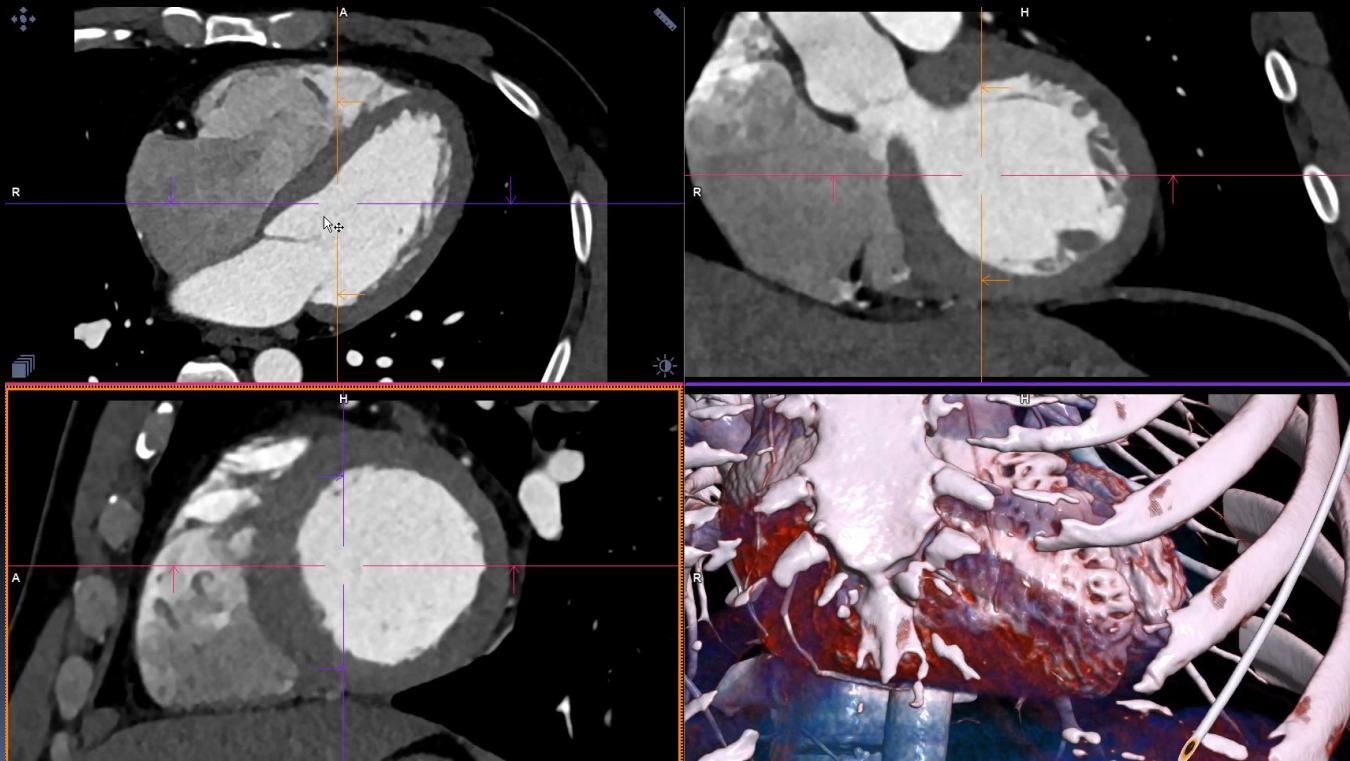


Короткая ось

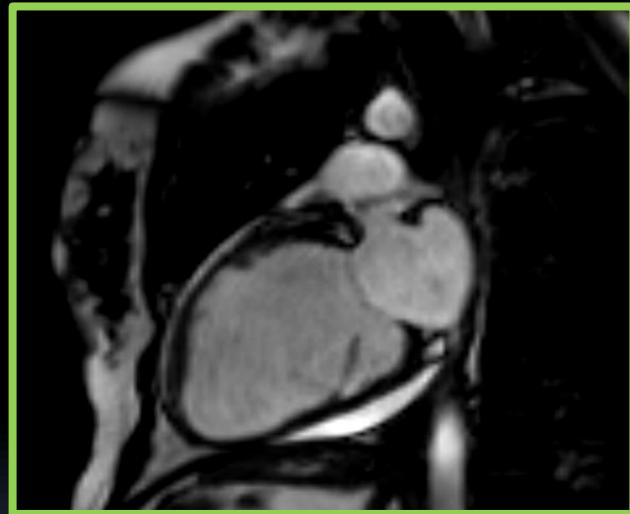
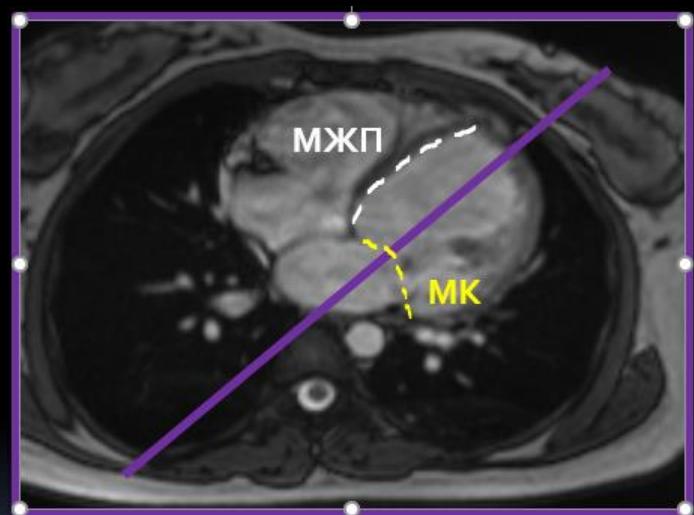


Короткая ось
базальный срез

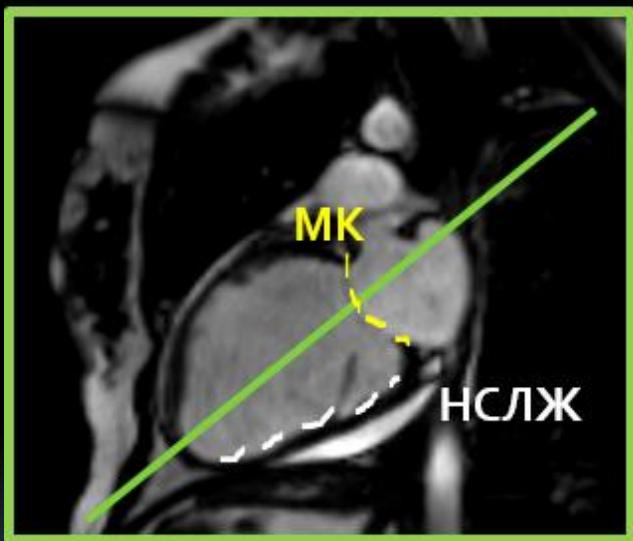
ОСНОВНЫЕ ОСИ



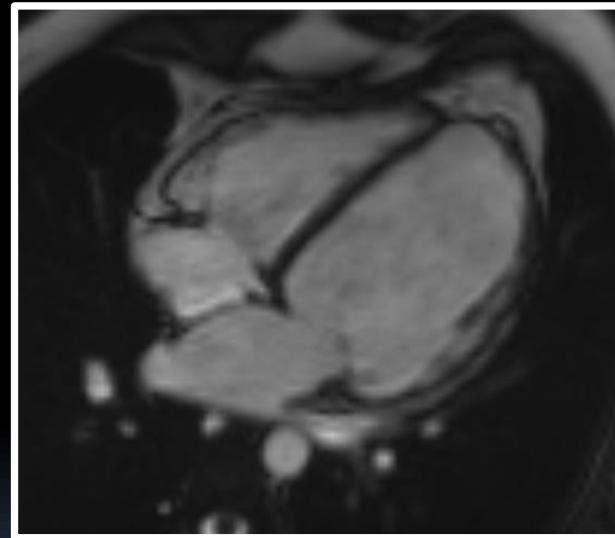
ДВУХКАМЕРНАЯ ОСЬ (2ch)



ЧЕТЫРЕХКАМЕРНАЯ ОСЬ (4ch)



2-х камерная (2 ch)

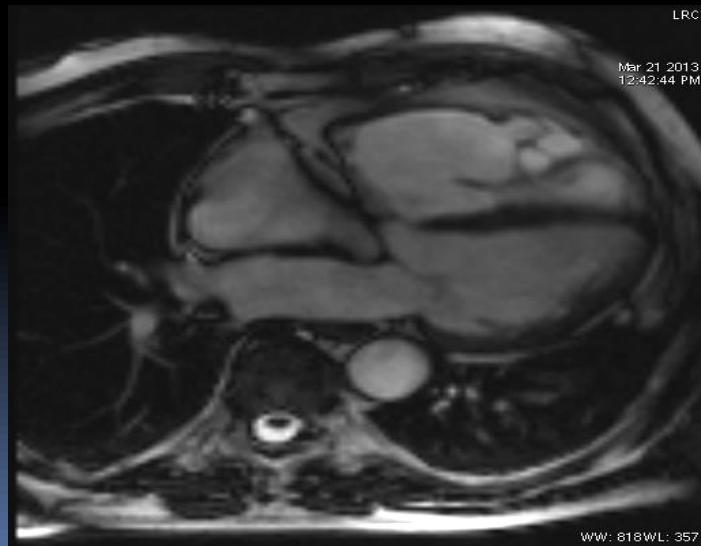
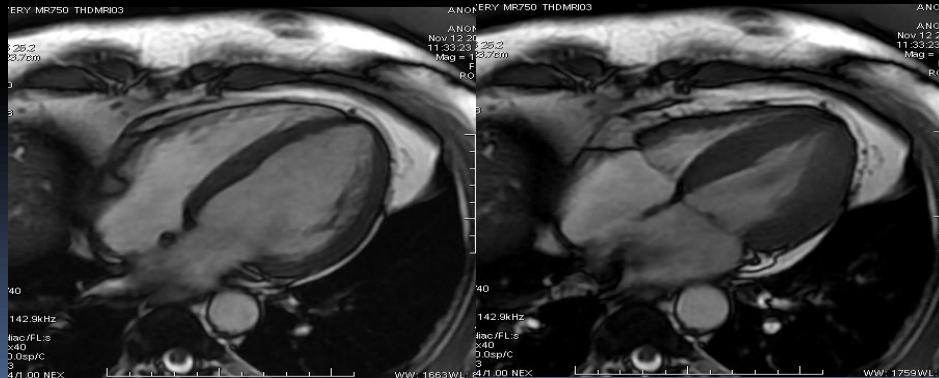


Четырехкамерная ось

ЧЕТЫРЕХКАМЕРНАЯ ПЛОСКОСТЬ (4ch)

ЧТО ОЦЕНИВАЕМ

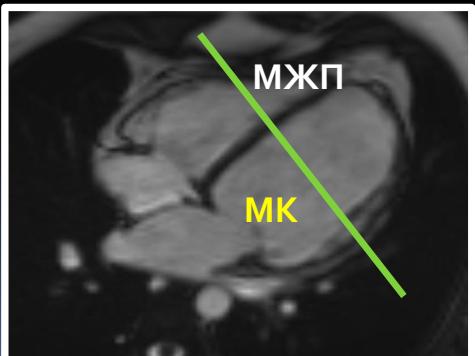
- Конфигурация сердца
- Синхронность сокращения
- Измерение размеров камер (диастола)
- Потоки регургитации



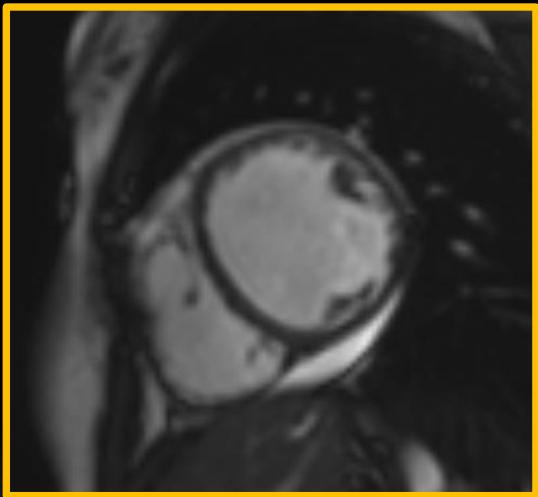
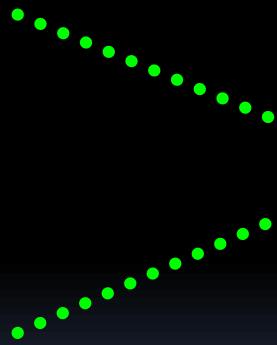
КОРОТКАЯ ОСЬ ЛЖ (SA)



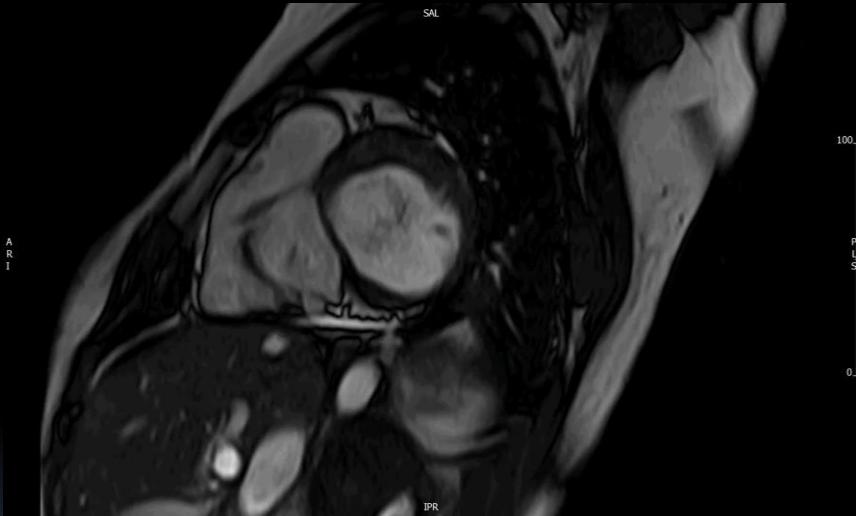
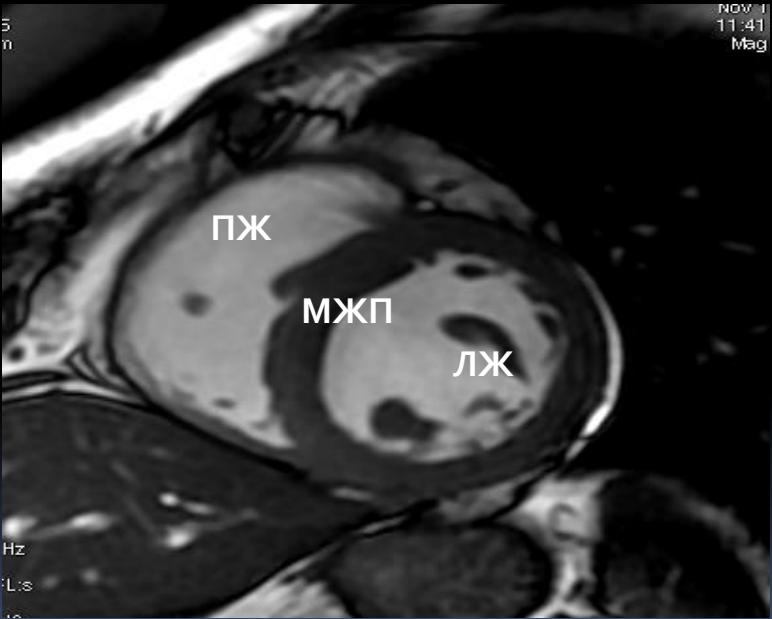
2-х камерная (2 ch)



Четырехкамерная ось

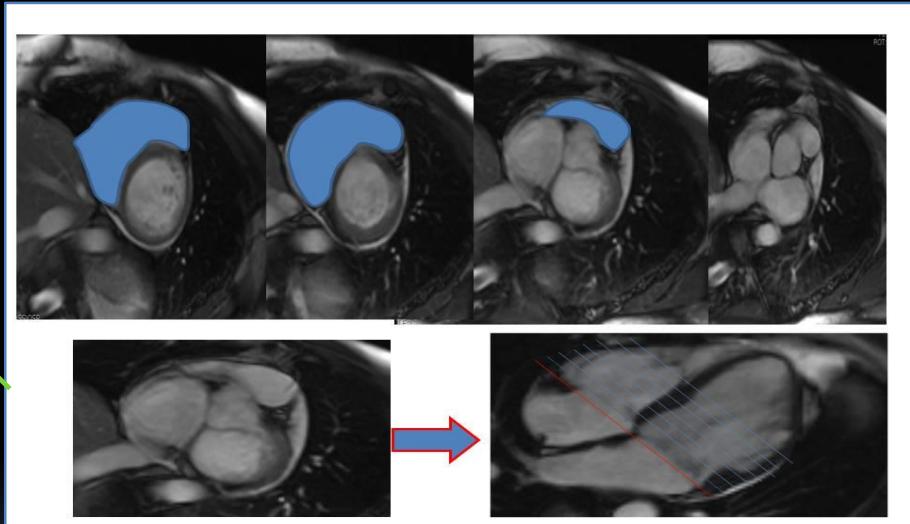
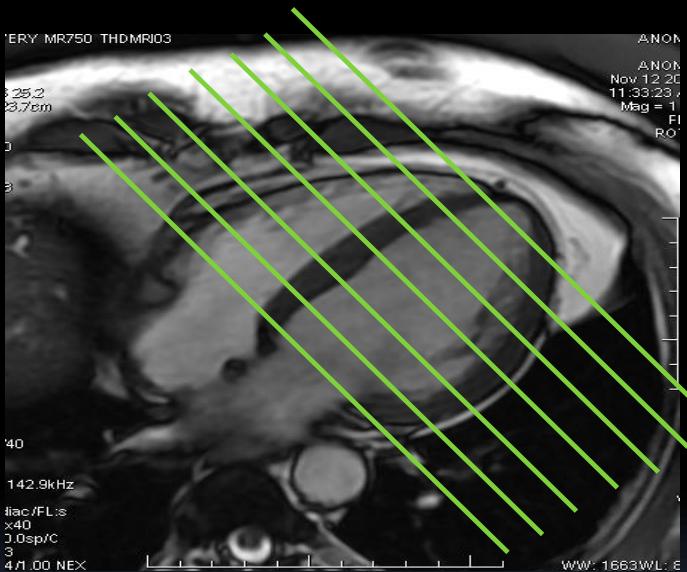


КОРОТКАЯ ОСЬ ЛЖ (SA) ЧТО ОЦЕНИВАЕМ



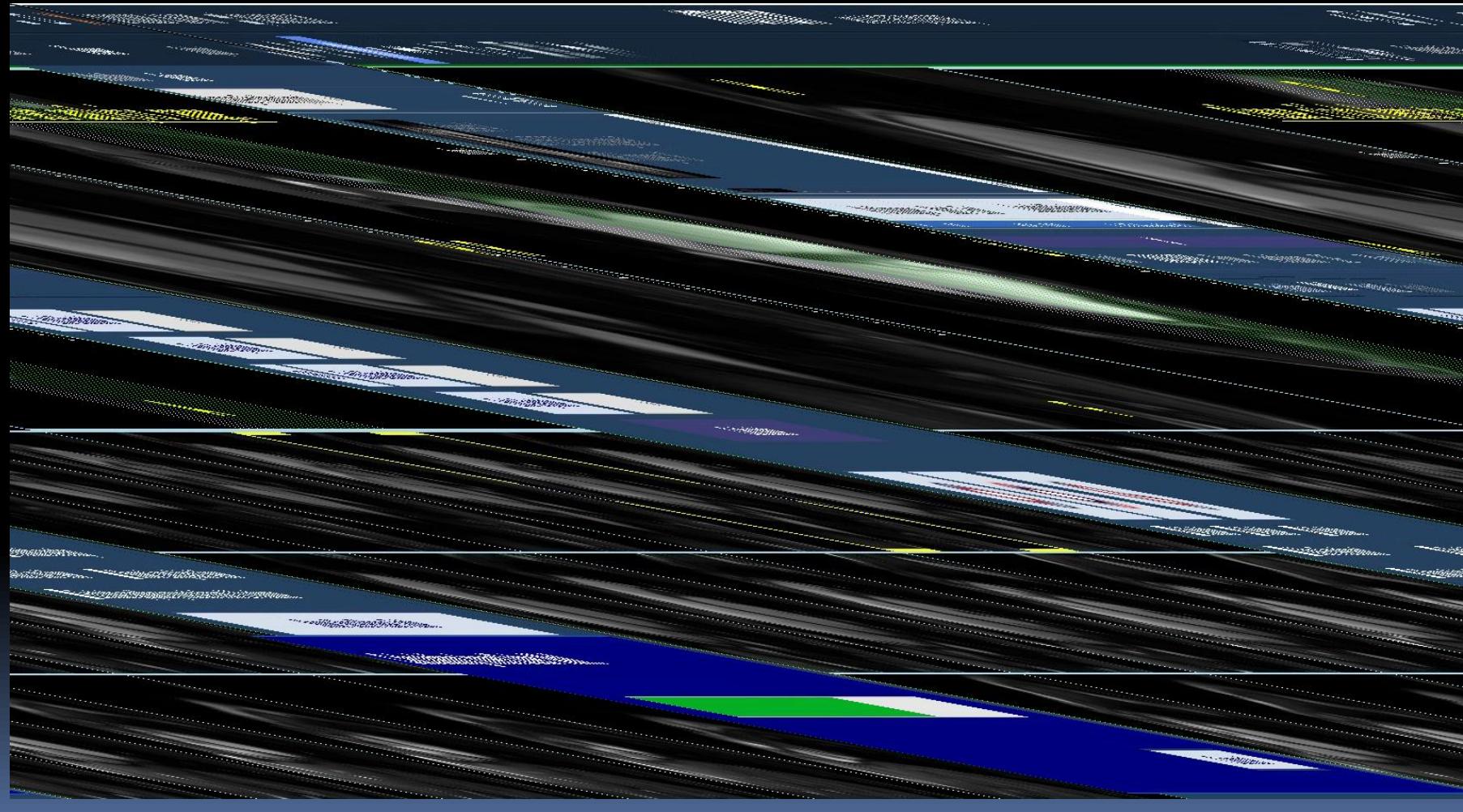
- Участки дис-, гипо-, акинеза
- Расчет объема, массы, ФВ
- Толщина миокарда, КДР, КСР

ОБЪЕМНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИИ ЛЖ и ПЖ



Через весь объем ЛЖ и ПЖ

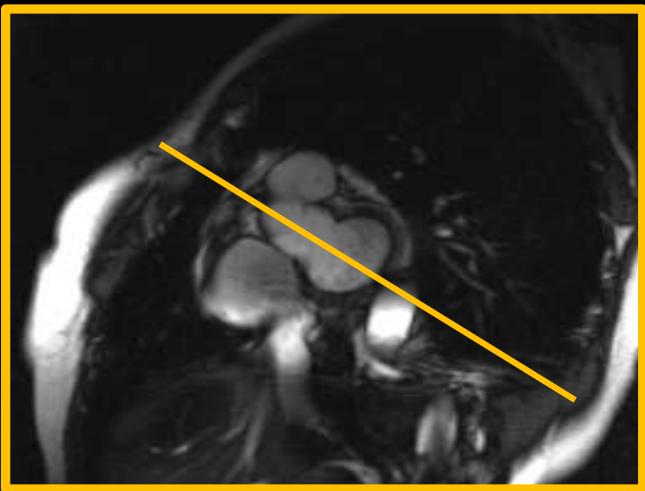
- Количественная оценка с помощью кардиологического программного обеспечения



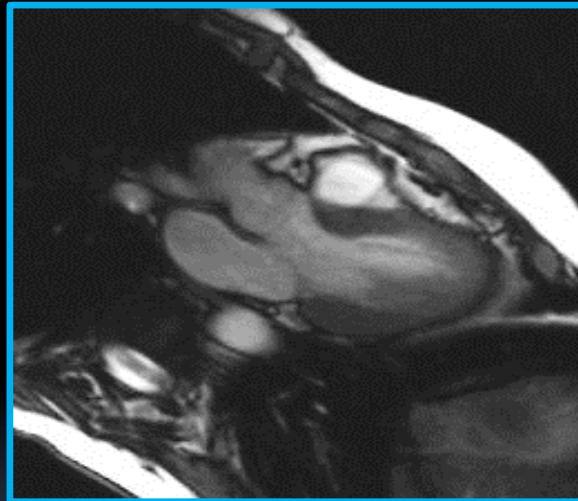
			норма* дети	норма* взрослые <60 лет	норма** взрослые	Спортсме- ны***
LV EDV	ml	193,0		119-203	108-176	
LV EDV/BSA	ml/m ²	92,4	56-104	64-100	59-89	97-161
LV ESV	ml	87,0		33-77	28-67	
LV ESV/BSA	ml/m ²	41,6	16-40	17-39	16-33	36-80
LV SV	ml	106,0		78-134	73-116	
LV SV/BSA	ml/m ²	50,7	36-72	43-67	39-59	

Normal values for cardiovascular magnetic resonance in adults and children. Nadine Kawel-Boehm, Alicia Maceira, Emanuela R Valsangiacomo-Buechel, Jens Vogel-Claussen, Evrim B Turkbey, Rupert Williams, Sven Plein, Michael Tee, John Eng and David A Bluemke. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance 2015, 17:29 doi:10.1186/s12968-015-0111-7..

ВТЛЖ (LVOT)

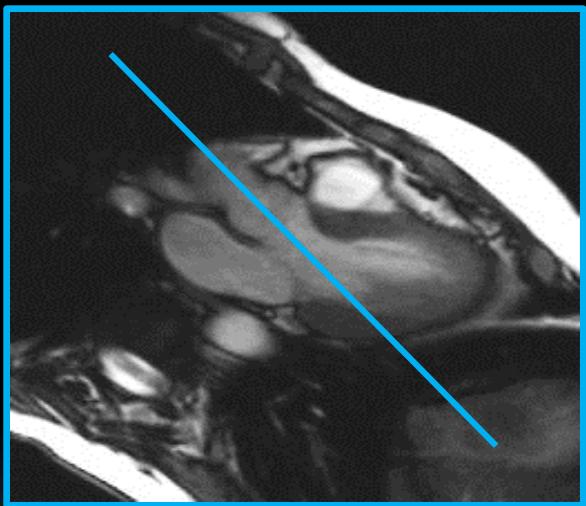


Короткая ось
базальный срез



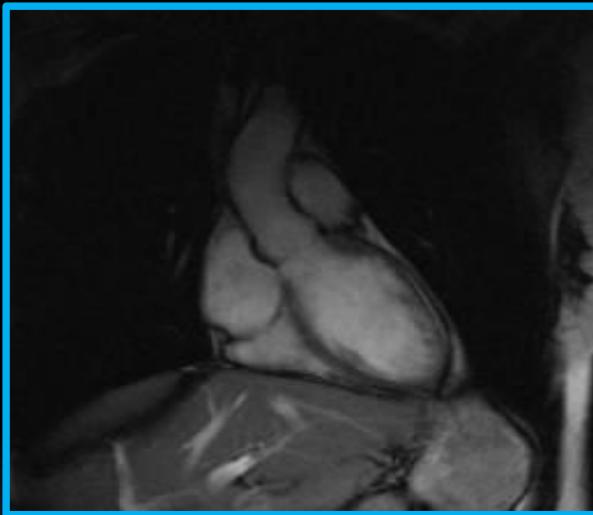
Трехкамерная ось

ВТЛЖ (LVOT)



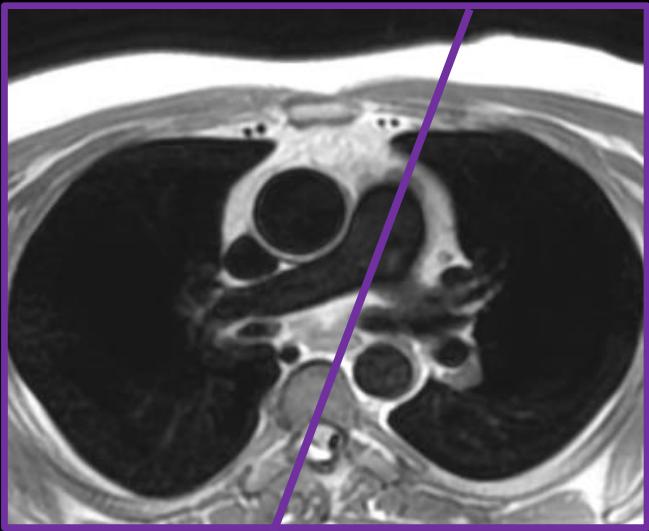
Трехкамерная ось

.....



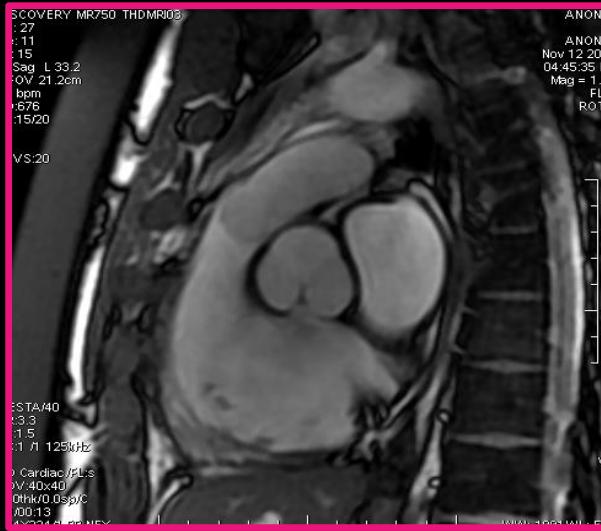
ВТЛЖ

ВТПЖ (RVOT)



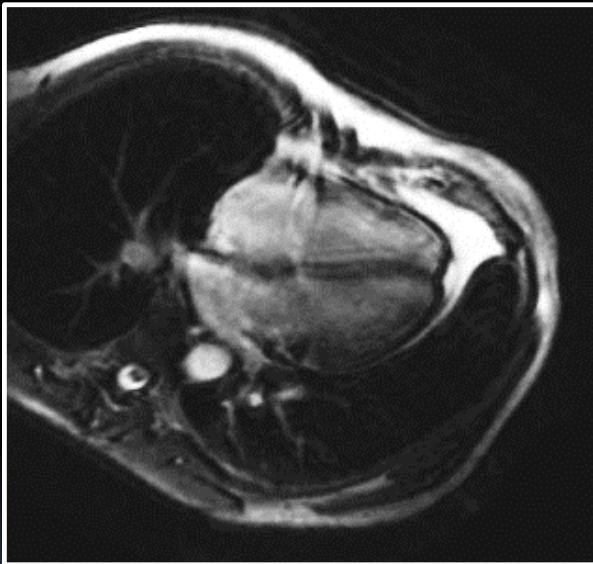
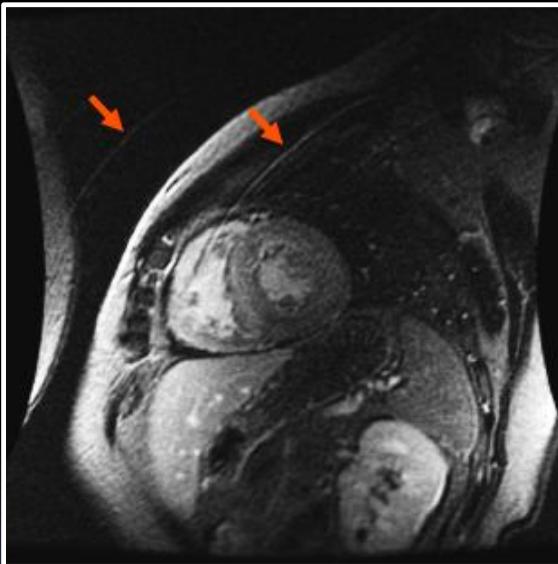
Аксиальная

• • • • •



ВТПЖ

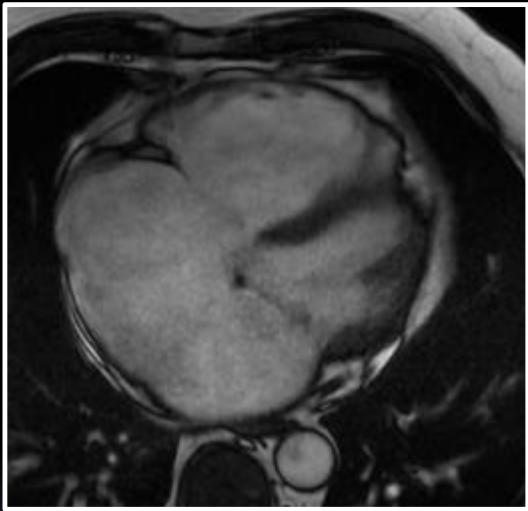
АРТЕФАКТЫ: ДЫХАНИЕ



РЕШЕНИЕ:

- Контроль датчика, беседа с пациентом
- Уменьшение времени задержки дыхания:
 - ✓ Сократить R-R интервал
 - ✓ Уменьшить фазовую матрицу
- Сканирование на свободном дыхании
- Триггер

АРТЕФАКТЫ: АРИТМИЯ

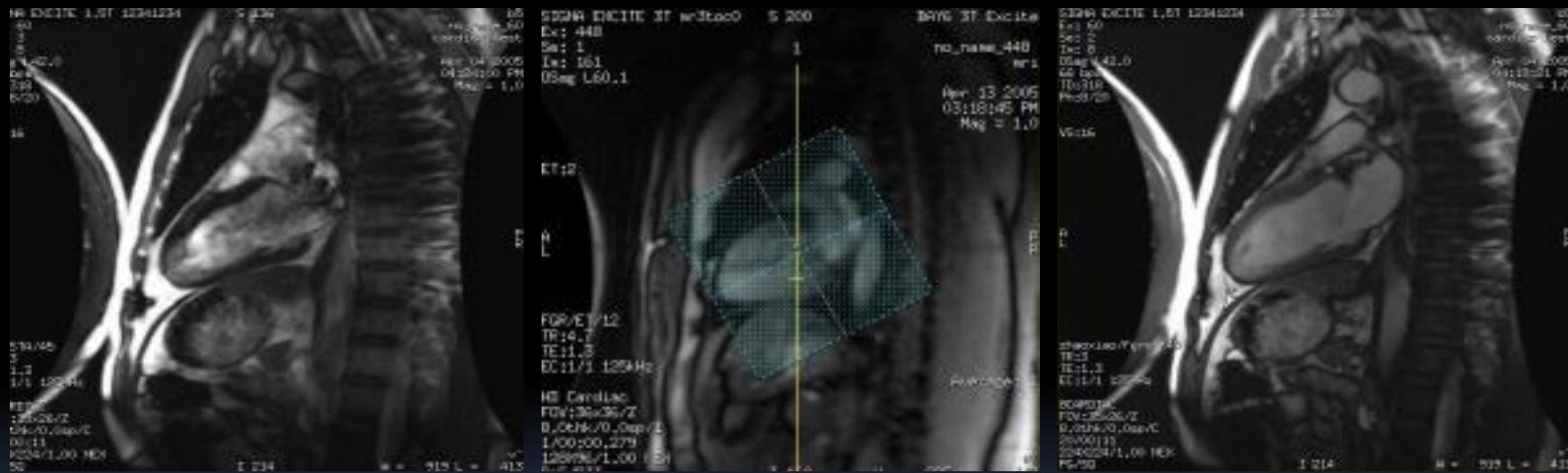


Ретроспективная синхронизация



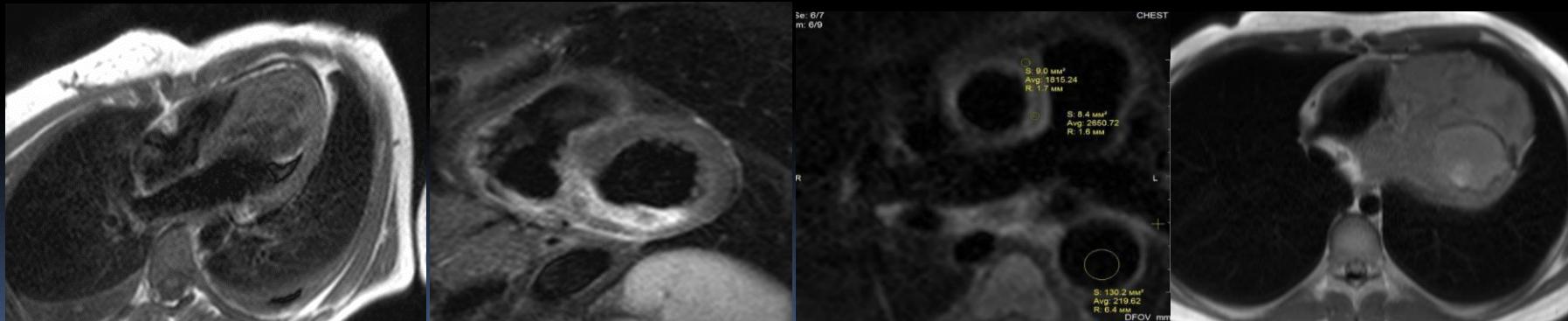
Проспективная синхронизация

АРТЕФАКТЫ: ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ПОТОКА



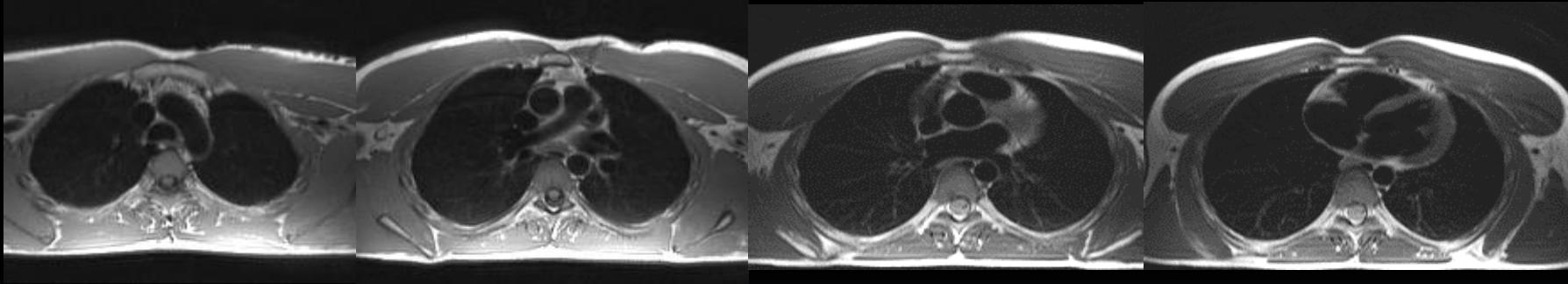
МРТ СЕРДЦА: ОСНОВНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ПЛОСКОСТИ

- Spin-echo (SE) ("с черной кровью")
- ✓ FSE, TSE, BB (T_1 , T_2)



«МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ» ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

- T2 Black Blood



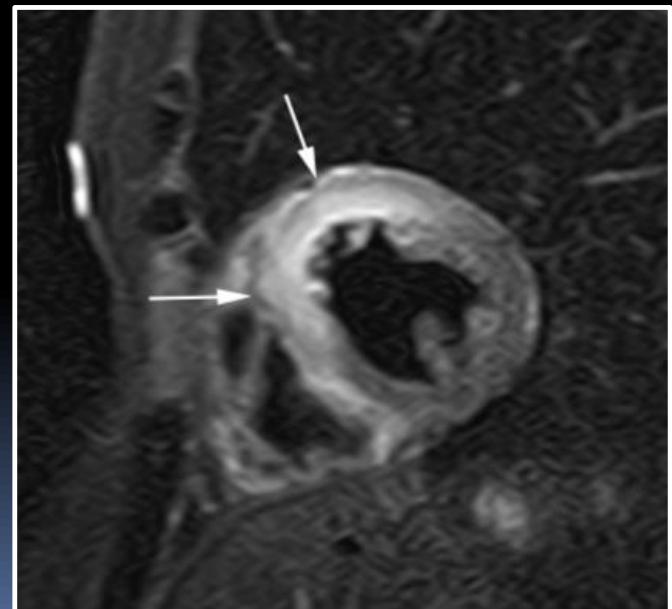
- Толщина среза 8-10 мм
- Достаточный FOV

«МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ» ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

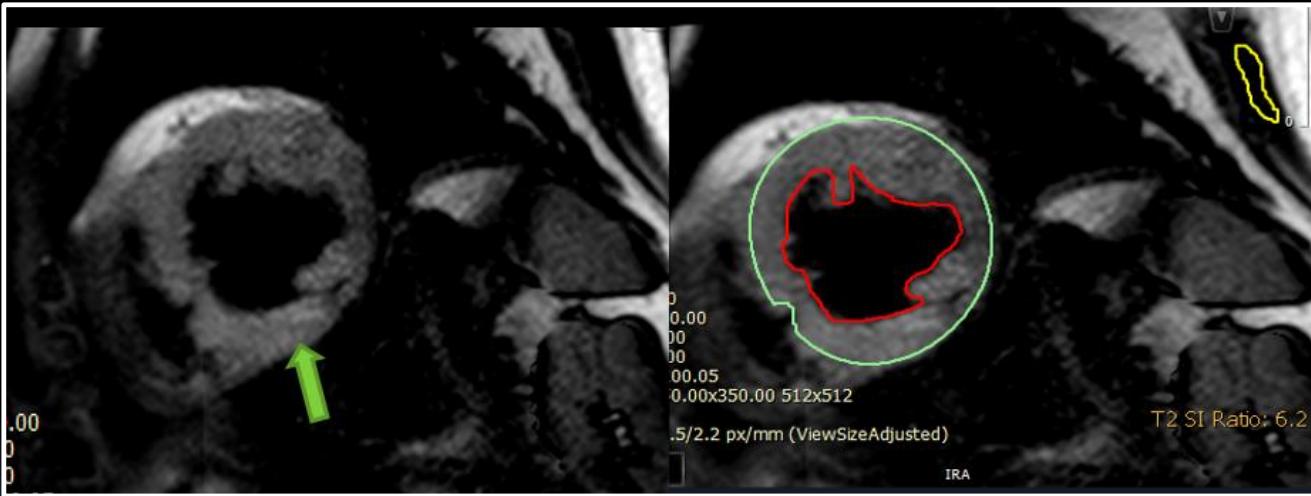


МИОКАРДИТ: ОТЕК

- T2 FS (STIR, tirm) SA
- Визуальная оценка
- Соотнесение со скелетной мышцей
- Когда ставим?



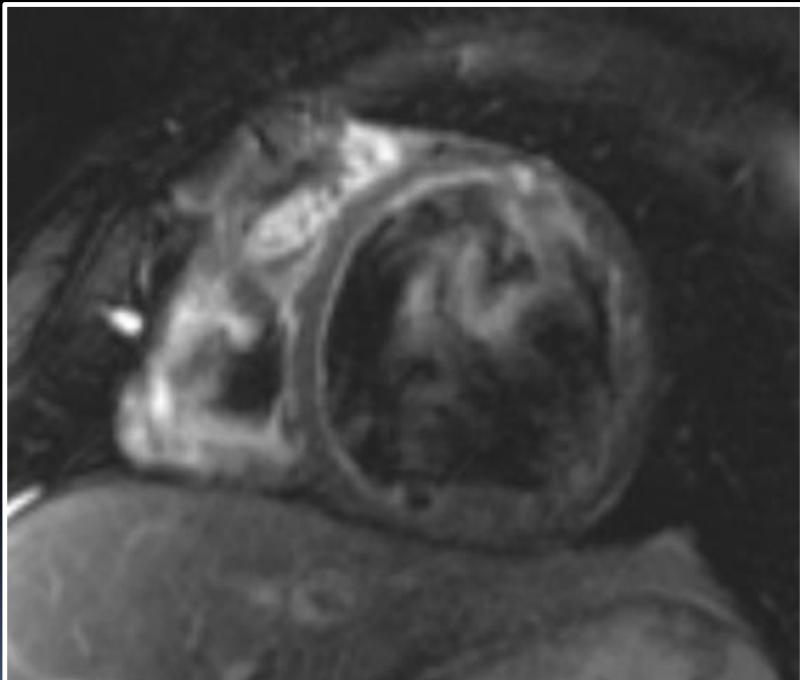
МИОКАРДИТ: ОТЕК



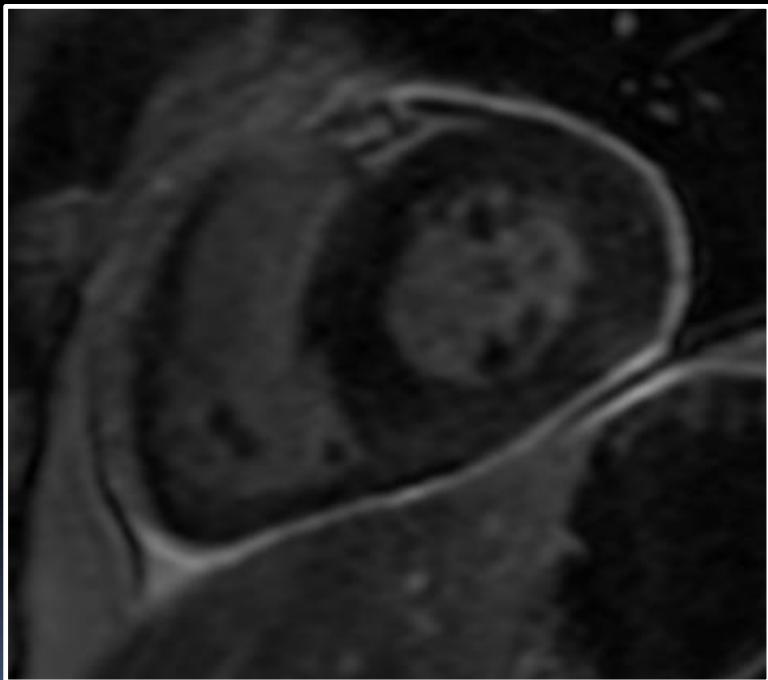
Соотношение интенсивности сигнала от миокарда к скелетной
мышце не превышает 2.0



ОТЕК?



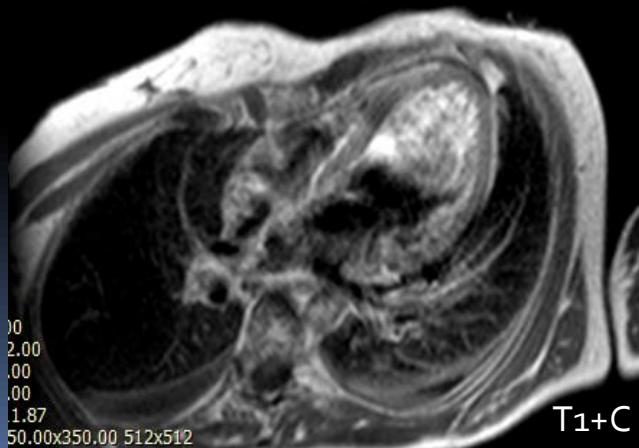
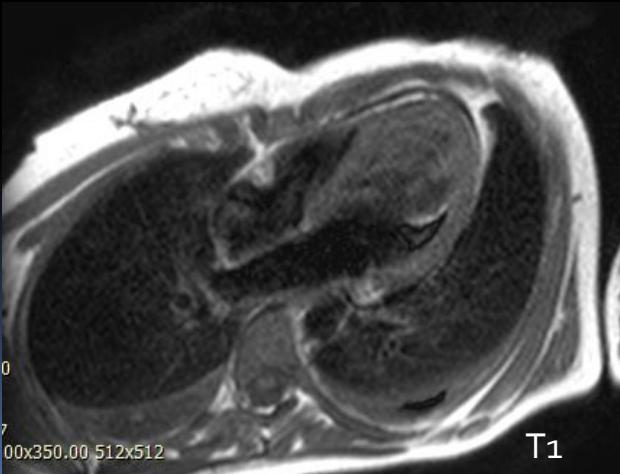
ДКМП



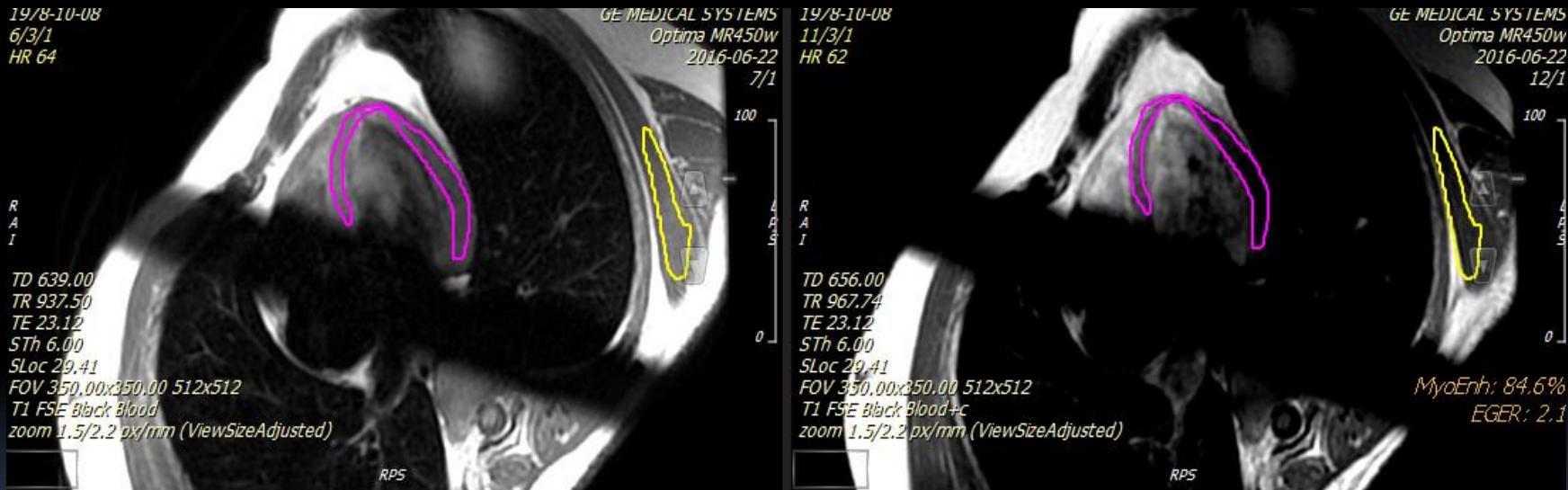
ПЕРИКАРДИТ

МИОКАРДИТ: ГИПЕРЕМИЯ

- T₁ натив 4 ch
- T₁ + C (5 мин) 4 ch
- Соотнесение со скелетной мышцей

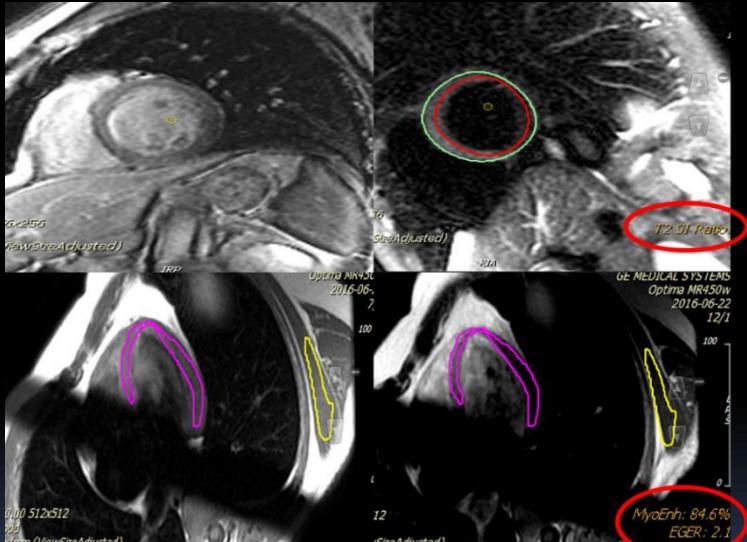


МИОКАРДИТ: ГИПЕРЕМИЯ



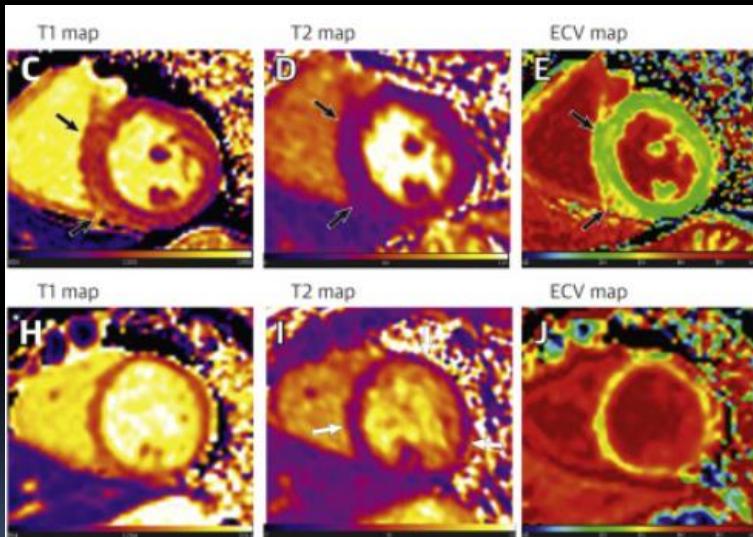
Соотношение накопления контрастного препарата миокардом
и скелетной мышцей не превышает 4.0

МИОКАРДИТ: Критерии Lake-Louise 2009 г.



Параметр (последовательность)	Соотношение со скелетной мышцей
Гиперемия (T1 раннее контрастирование)	более 4.0
Отек (STIR)	более 2.0
LGE	+
Перикардиальный выпот, нарушение локальной сократимости	+

МИОКАРДИТ: Критерии Lake-Louise 2018 г.



ОБНОВЛЕННЫЕ КРИТЕРИИ

T₂-ВИ

- Интенсивность сигнала ↑
- Время релаксации ↑

T₁-ВИ

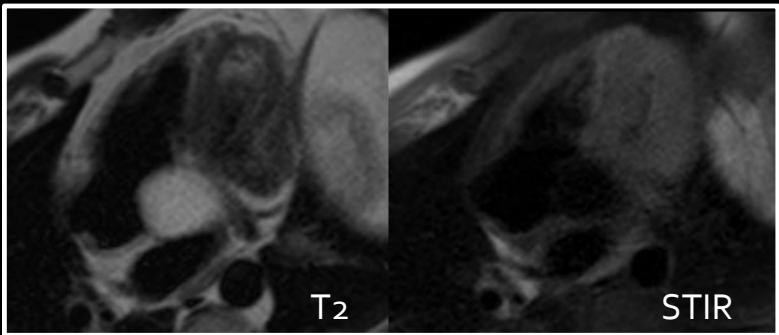
- Время релаксации ↑
- ECV ↑
- Неишемический паттерн контрастирования

Перикардиальный выпот,

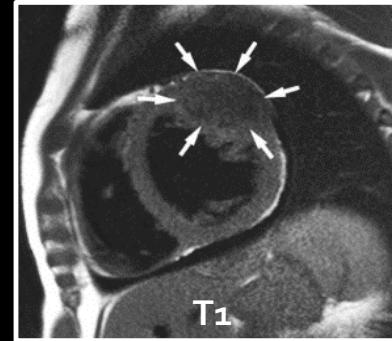
Повышение интенсивности сигнала от
перикарда при отсроченном контрастировании,
T₁, T₂ картировании
нарушение локальной сократимости

ОБРАЗОВАНИЯ СЕРДЦА

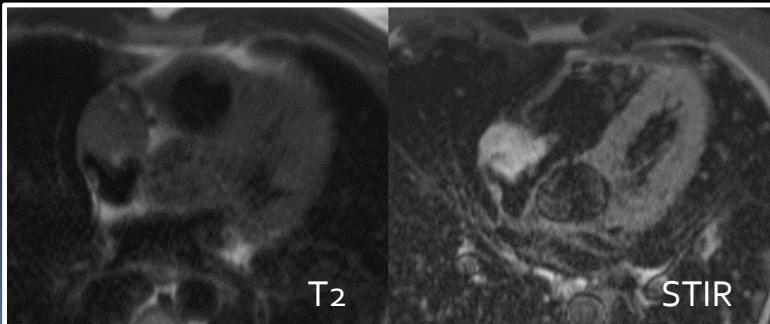
- ЛИПОМА



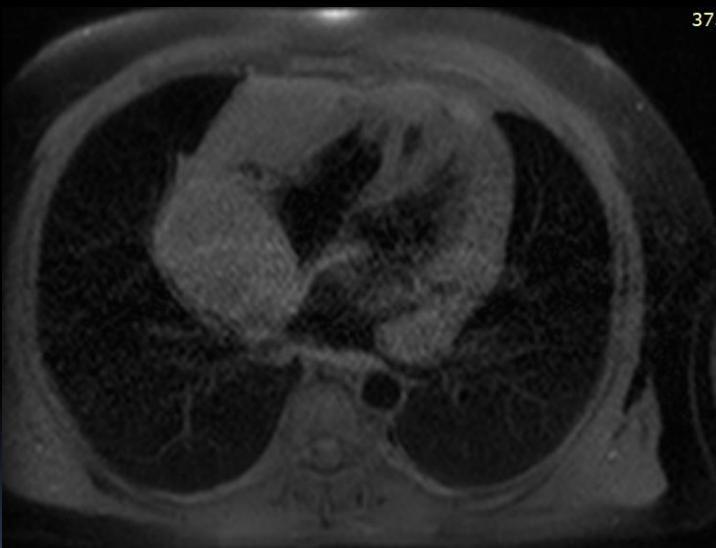
- РАБДОМИОМА



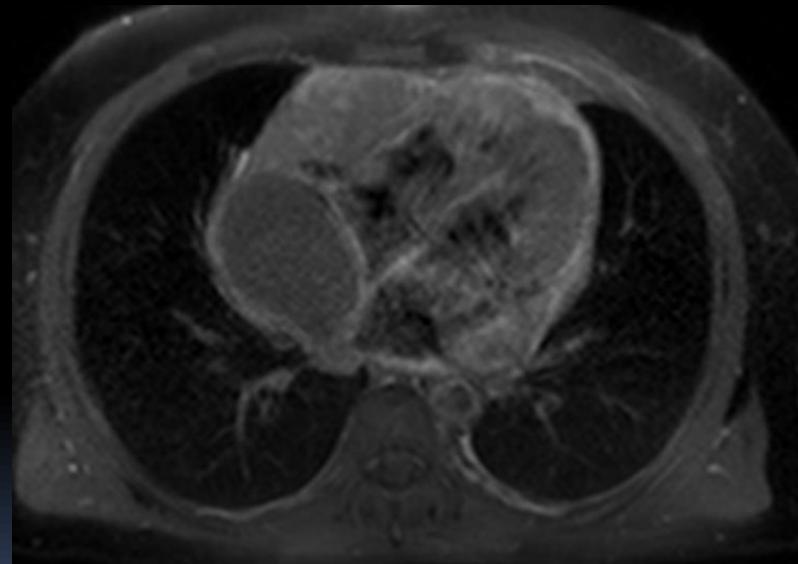
- АНГИОСАРКОМА



ОБРАЗОВАНИЯ СЕРДЦА

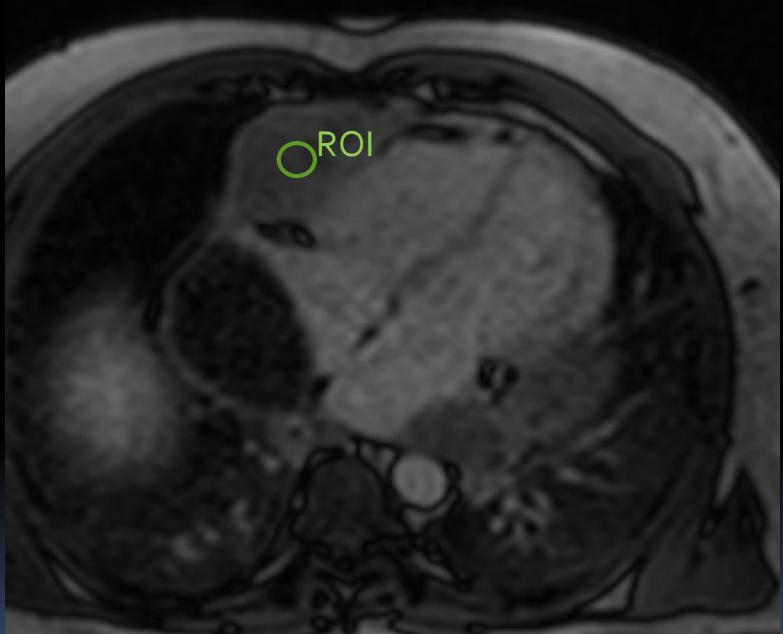
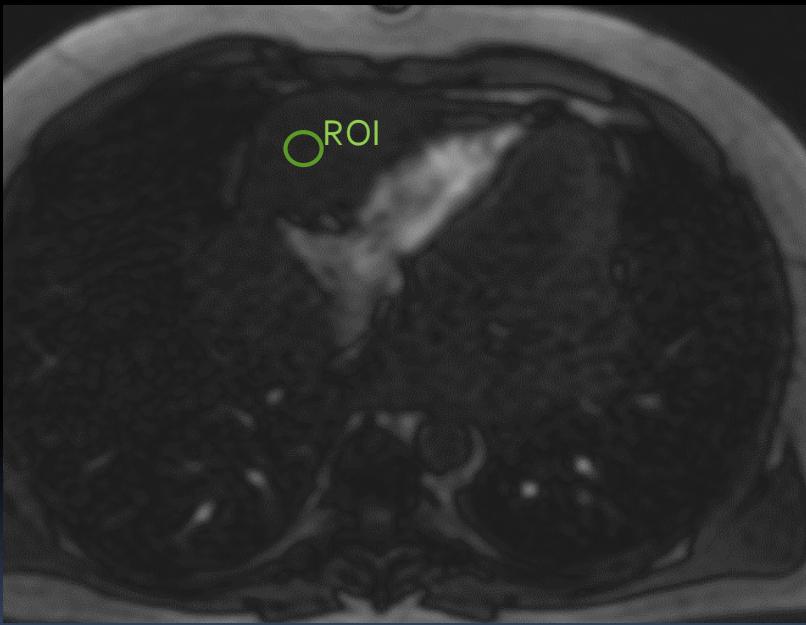


T₁ FS



T₁ FS + C

ОБРАЗОВАНИЯ СЕРДЦА: ПЕРФУЗИЯ



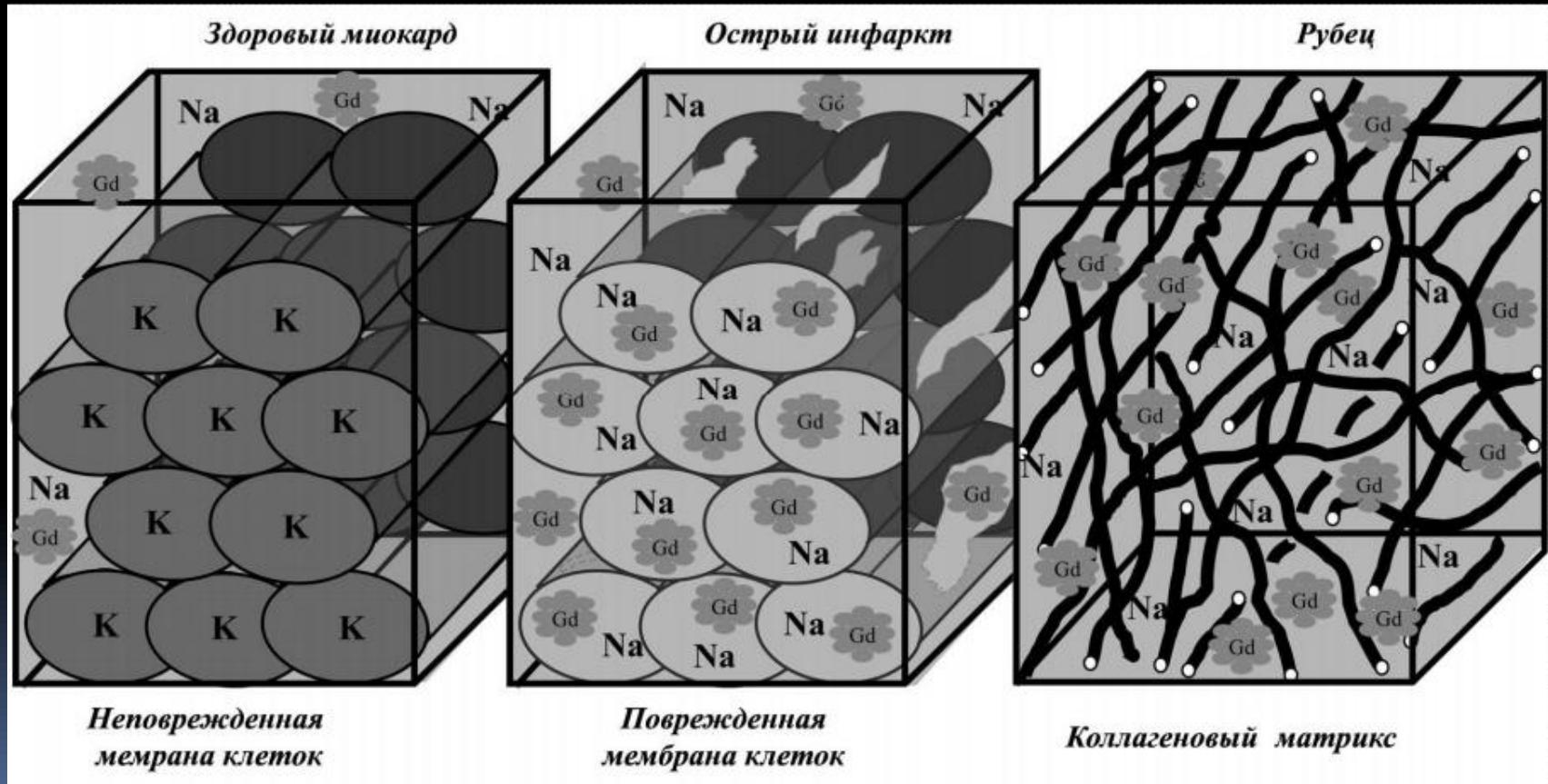
ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ

- Парамагнетик – Гадолиний (0.1-0.2 ммоль/кг)
- Т₁-взвешенные изображения
- Подавление сигнала от миокарда – выбор ТI (Tl-scout)

ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ

Одномолярные контрастные препараты (Гадовист)	Полумолярные контрастны препараты (Магневист)
Меньшая доза введения	Большая доза введения
Более длительная циркуляция в сосудистом русле (более высокая контрастность между неизмеренным миокардом и фиброзом)	Менее длительная циркуляция в сосудистом русле
Более эффективная визуализация дефектов перфузии миокарда (отсутствие «rim» артефакта)	«rim» артефакт

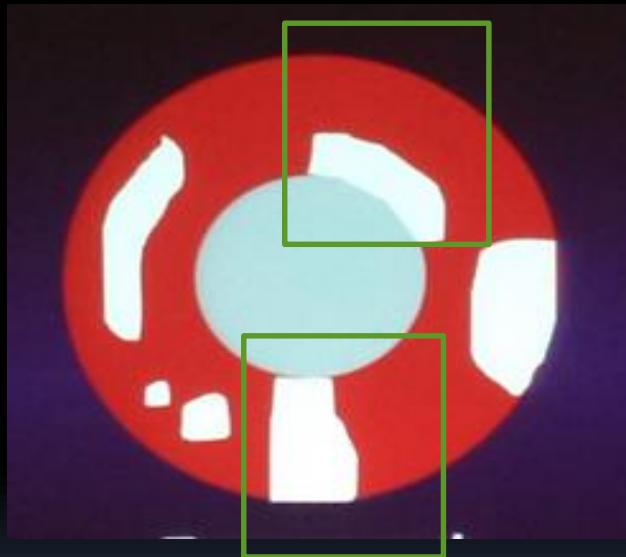
ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ



ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ

Интрамиокардиальное:

- ✓ ГКМП
- ✓ ДКМП
- ✓ Фабри
- ✓ неспецифический фиброз



Очаговое (фокальное):

- ✓ ГКМП
- ✓ Миокардит
- ✓ неспецифический фиброз
(ХТЛГ)

Трансмуральное:

- ✓ ПИКС
- ✓ миокардит
- ✓ саркоидоз

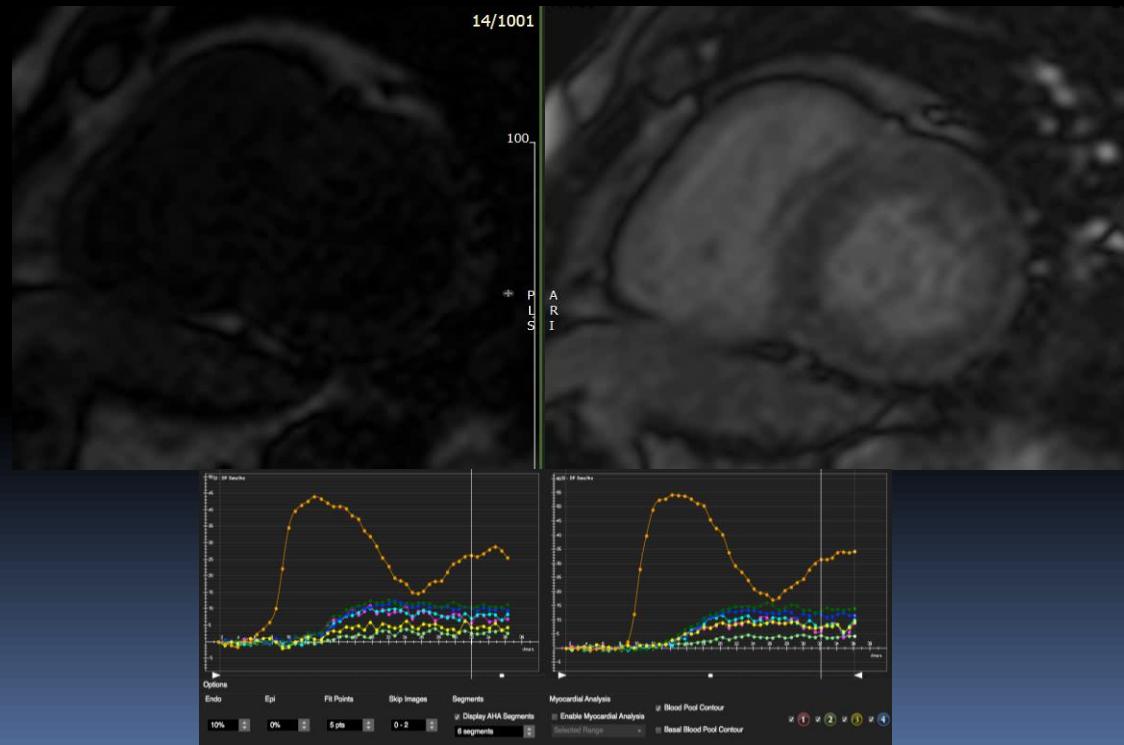
Субэндокардиальное:

- ✓ ПИКС
- ✓ Амилоидоз
- ✓ гиперэозинофильный синдром

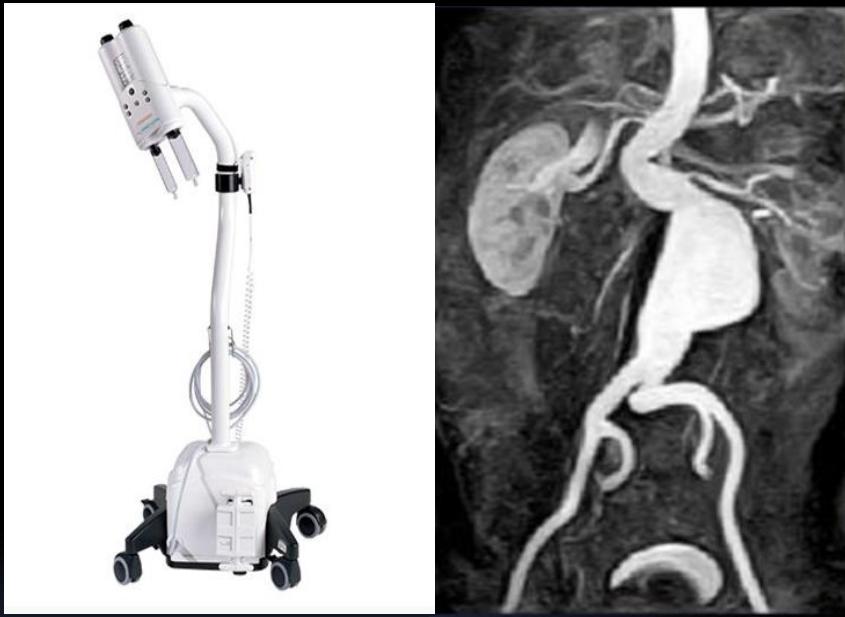
Субэпикардиальное:

- ✓ миокардит
- ✓ саркоидоз

КОНТРАСТИРОВАНИЕ



КОНТРАСТИРОВАНИЕ

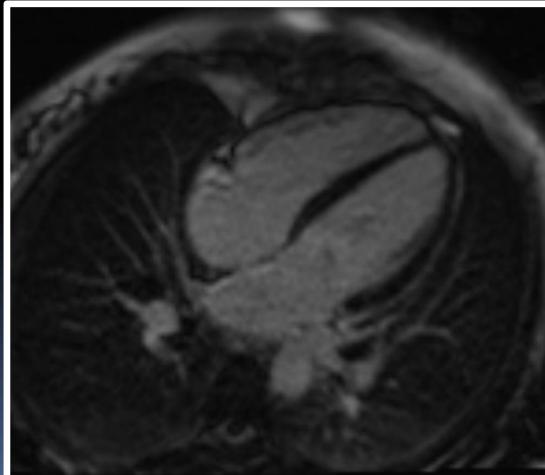


From: [Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging \(CMR\) protocols: 2020 update](#)

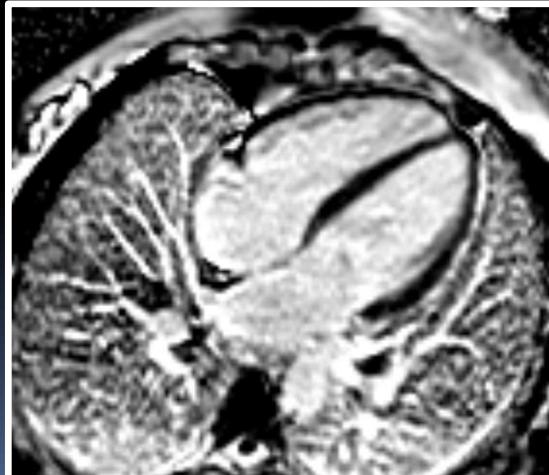
Indication	Contrast dose (mmol/kg body weight)	Injection rate	Saline chasing bolus	Injection rate
Perfusion	0.05–0.1	3–7 ml/s	30 ml	3–7 ml/s
Late gadolinium enhancement	0.1–0.2		20 ml	
Angiography (carotids, renals, aorta)	0.1–0.2	2–3 ml/s	20 ml	2–3 ml/s
Time-resolved angiography	0.05	3–5 ml/s	30 ml	3–5 ml/s
Peripheral angiography	0.2	first 10 ml @ 1.5 ml/s, rest @ 0.4–0.8 ml/s	20 ml	0.4–0.8 ml/s

ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ

- 2D или 3D MDE (PSIR)
- Сбор данных в диастолу (двигательные артефакты)
- Выбор TI



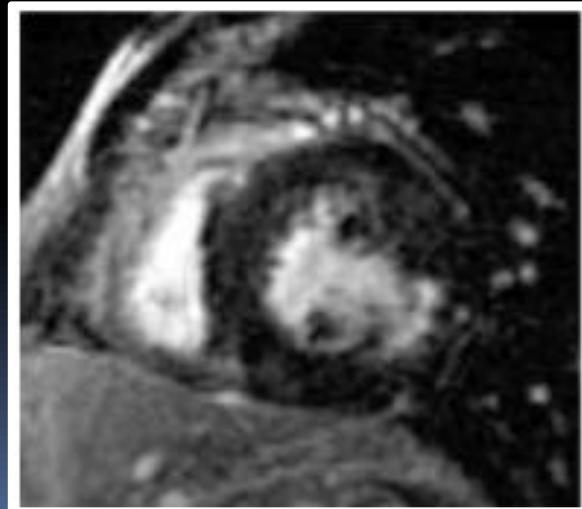
IR (TI)



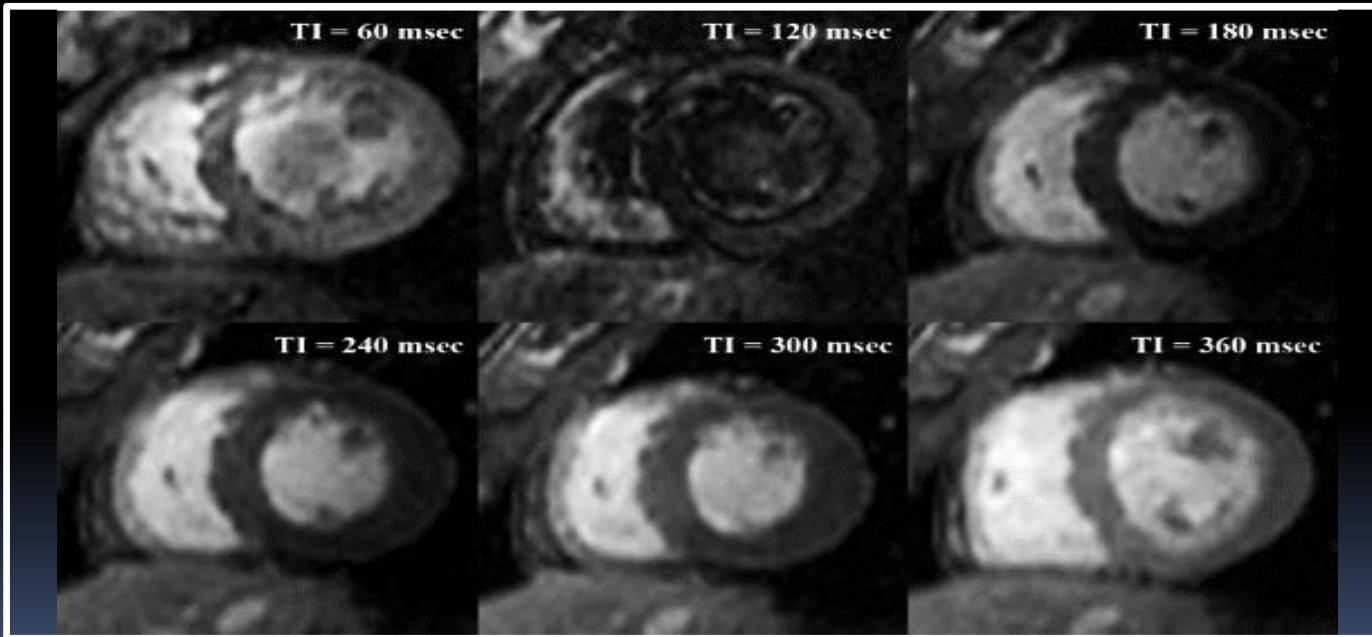
PSIR

TI-SCOUT

- Необходим для определения оптимального времени инверсии, при котором происходит максимальное подавление сигнала от здорового неповрежденного миокарда
- Время инверсии (TI) обычно в пределах 260-340 мс



TI-SCOUT



TI-SCOUT



TD 208.00

TR 5.00

TE 2.00

TI 320.00

STh 10.00

SLoc -45.70

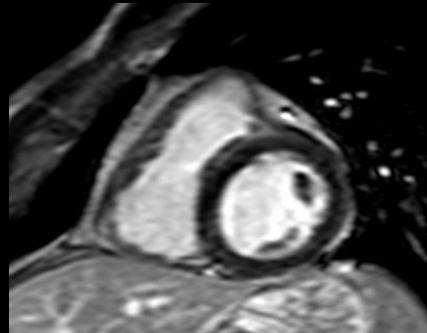
FOV 359.99x359.99 512x512

zoom 1.1/1.6 px/mm (ViewSizeAdjusted)

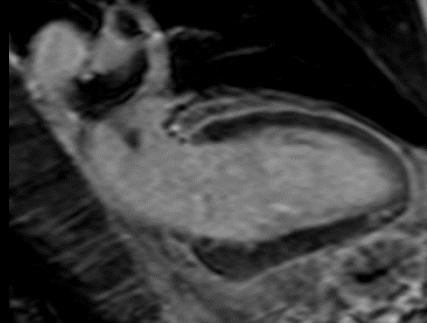
TI-SCOUT



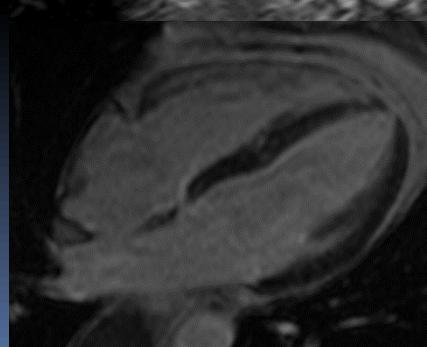
TI 280 MC



TI 280 MC

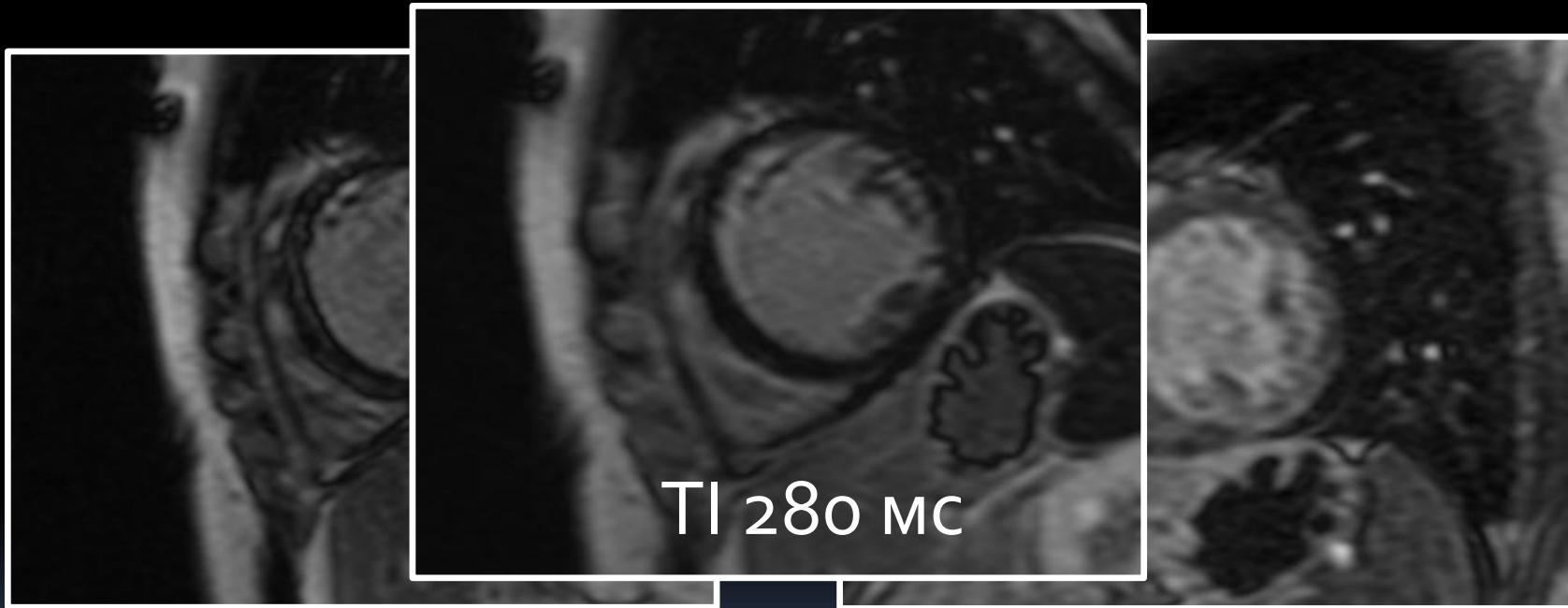


TI 280 MC



TI 290 MC

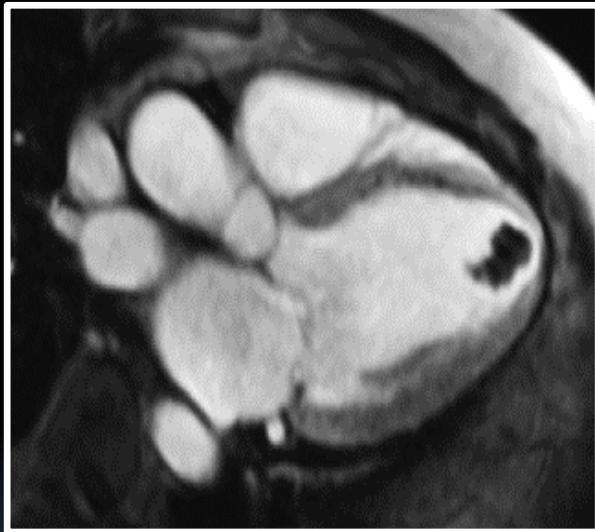
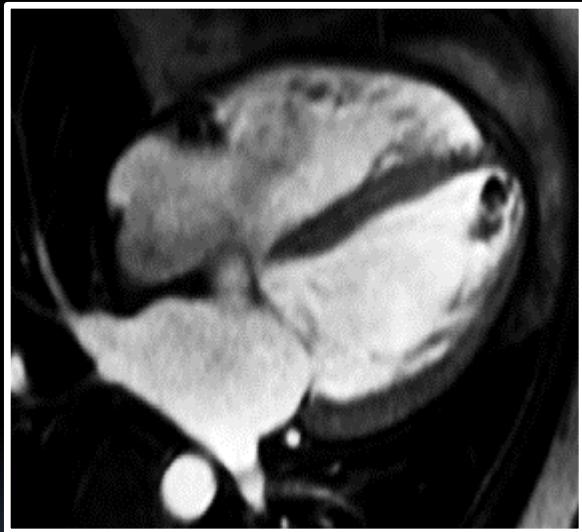
TI-SCOUT



TI 260 MC

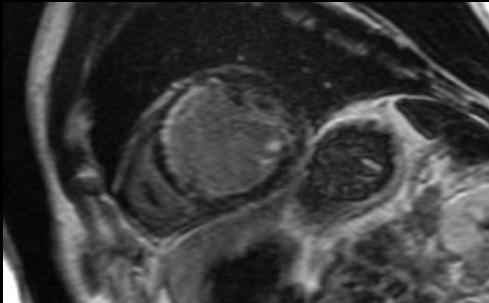
TI 320 MC

ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ

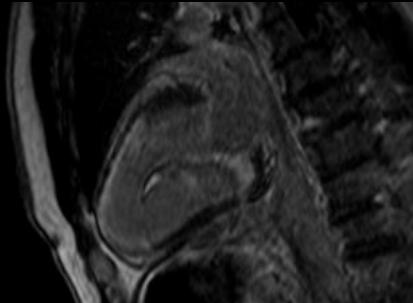


$T_1 \sim 550$ мс

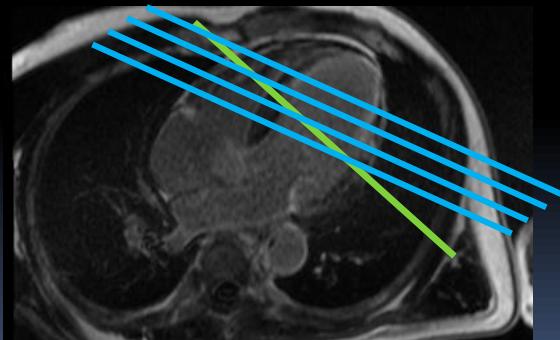
ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ



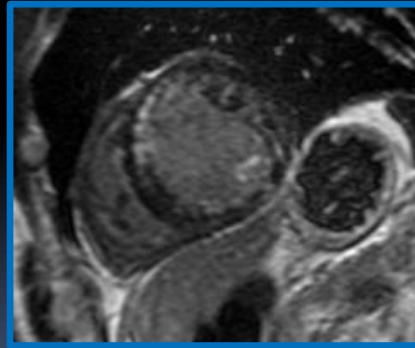
Короткая ось (SA)



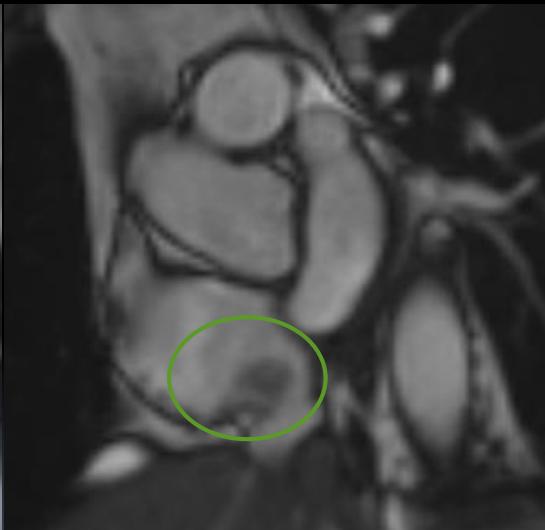
2-х камерная (2 ch) ось



Четырехкамерная ось



ОТСРОЧЕННОЕ КОНТРАСТИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРДЦА



LGE

ТАКТИКА ВЫБОРА ПРОТОКОЛА

Базовый (оценка анатомии и функции):

- Локалайзер в 3 плоскостях
- Поперечные срезы с “темной” и “светлой” кровью (TSE и GRE) - анатомия
- Кино-МРТ (2ch, 4 ch, SA, LVOT, RVOT)

ИМ, ПИКС, МИОКАРДИТ, КАРДИОМИОПАТИИ (в т.ч. АДПЖ)

- +STIR (tirm)
- + T_1, T_2 -картирование
- +стесс - перфузия
- +LGE

Врожденные пороки,
внутрисердечные шунты, НКМП (?),
оценка ФВ

- + Фазово-контрастная МРТ
- + МР-ангиография

Спасибо за внимание!