



ИЮНЬСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
В КАРДИОКЛИНИКЕ

г. Санкт-Петербург · 20 июня 2024 г.

КЛАПАННАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА:
ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ

МЕСТО МРТ В ДИАГНОСТИКЕ АССОЦИИРОВАННЫХ С КЛАПАННОЙ ПАТОЛОГИЕЙ КАРДИАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ: ФОКУС НА ФИБРОЗ.

Доцент,
Военно-Медицинской Академии им. С. М. Кирова.

к.м.н. Рудь Сергей Дмитриевич



ЦЕЛЬ СООБЩЕНИЯ

- Ознакомить с существующими возможностями МРТ по оценке стенозов или недостаточности клапанов сердца
- Дать характеристику изменений миокарда левого желудочка и при клапанной патологии (аортальный клапан, митральный клапан), оцениваемую при МРТ сердца



СПОСОБЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ КЛАПАННОЙ ПАТОЛОГИИ ПРИ МРТ

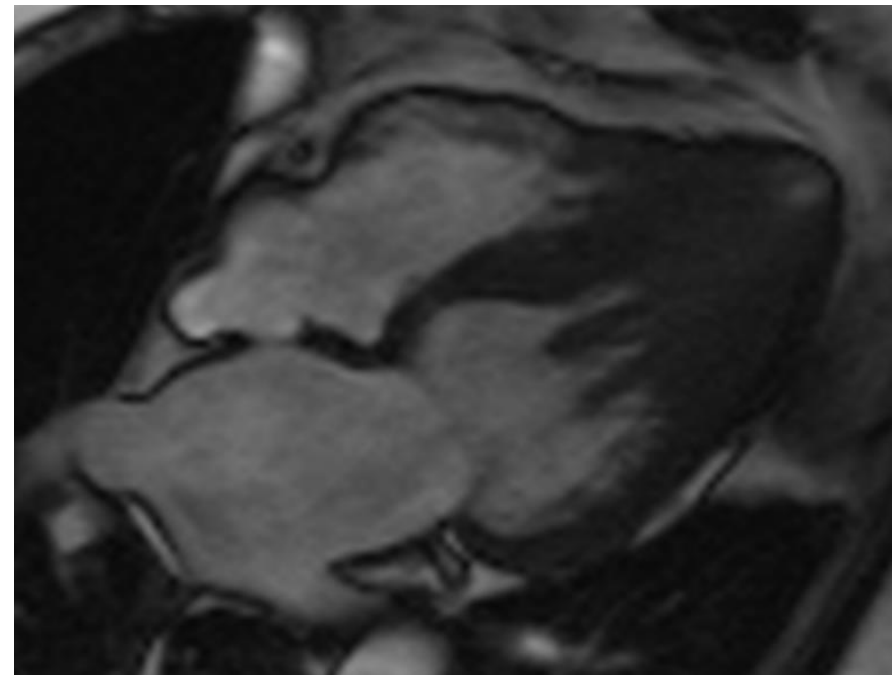
- Изображения подвижного миокарда в режиме «белой крови» SSFP;
- 2D - фазоконтрастные изображения кодированные по линейной скорости кровотока;
- 4D – фазоконтрастные изображения с картированием линейной скорости кровотока во времени и трех пространственных координатах.



ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕГУРГИТАЦИИ И УСКОРЕННОГО КРОВОТОКА С ПОМОЩЬЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЖИМЕ «БЕЛОЙ КРОВИ»



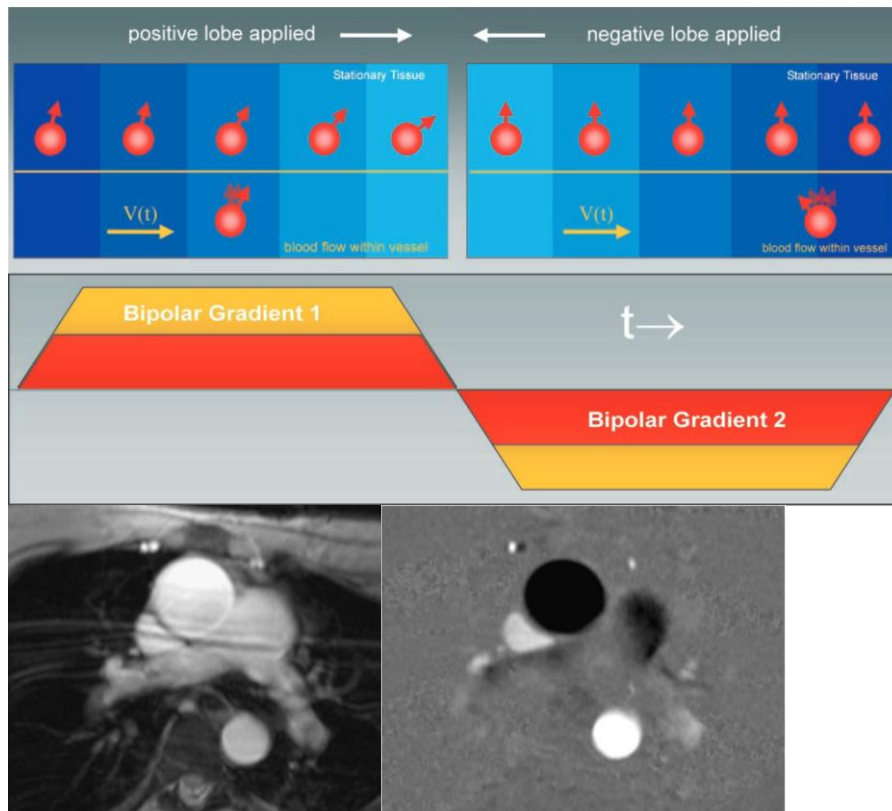
СТЕНОЗ



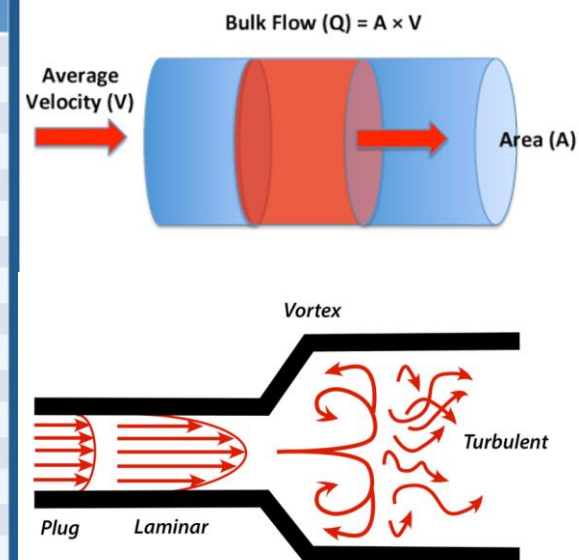
НЕДОСТАТОЧНОСТЬ



ОЦЕНКА КРОВотоКА С ПОМОЩЬЮ 2D ФАЗОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ (ПРИНЦИП)



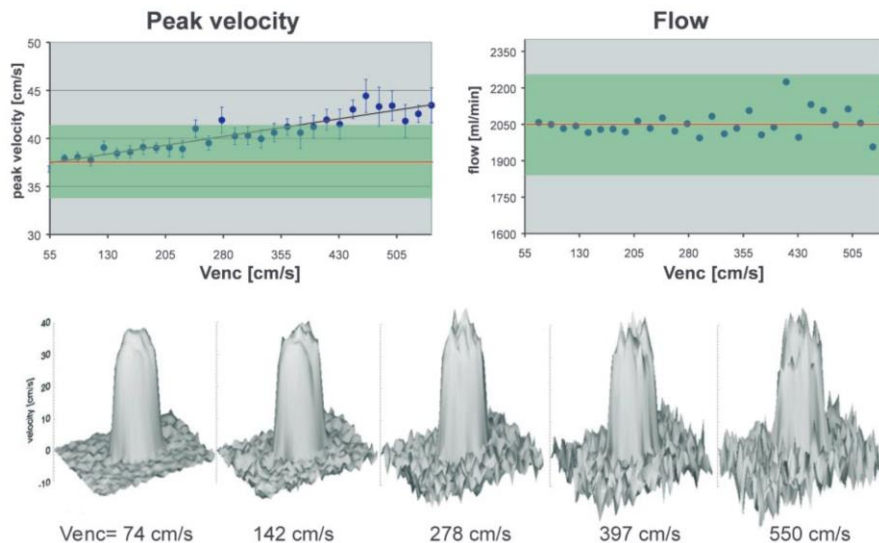
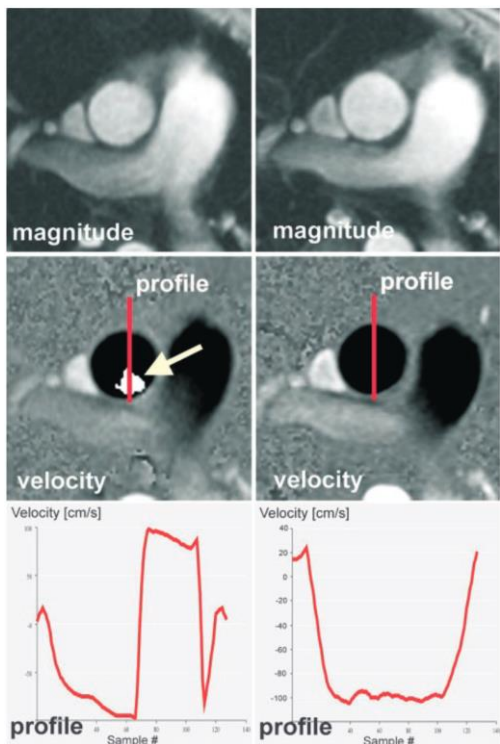
Vessel	Peak Velocity (cm/sec)
Thoracic aorta	150-175
Abdominal aorta and iliac arteries	100-150
Femoral artery	80-110
Popliteal artery	45-80
Subclavian and brachial arteries	80-120
Common and internal carotid arteries	80-120
Anterior cerebral artery	30-70
Middle cerebral artery	40-70
Vertebral arteries	25-40
Basilar artery	40-70
Posterior cerebral artery	30-50
Ophthalmic artery	10-20
Superior sagittal sinus	10-15
Cerebral aqueduct	2-4
Vena cava	10-45
Large veins	10-20



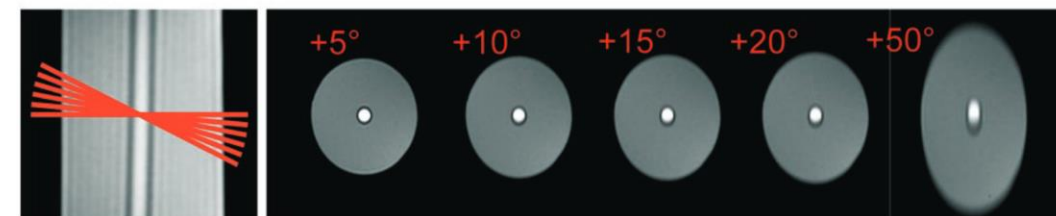
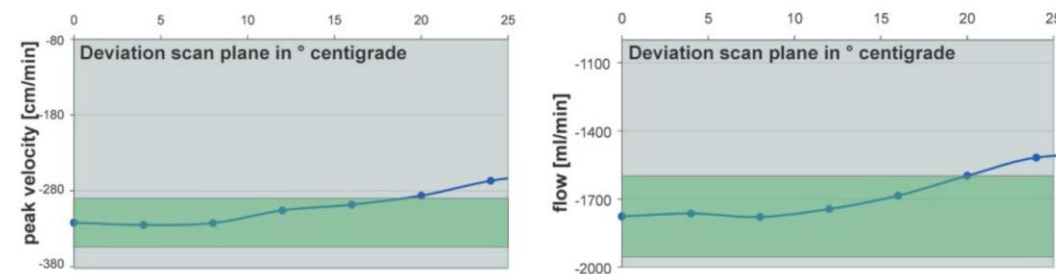
принцип



2D-ФАЗОКОНТРАСТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ



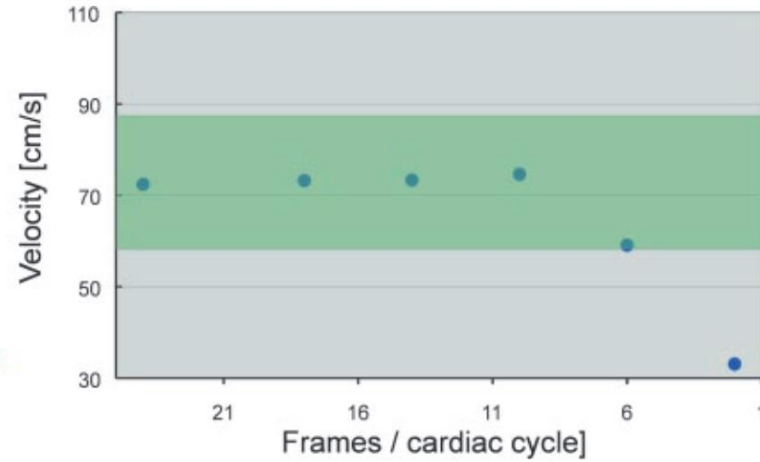
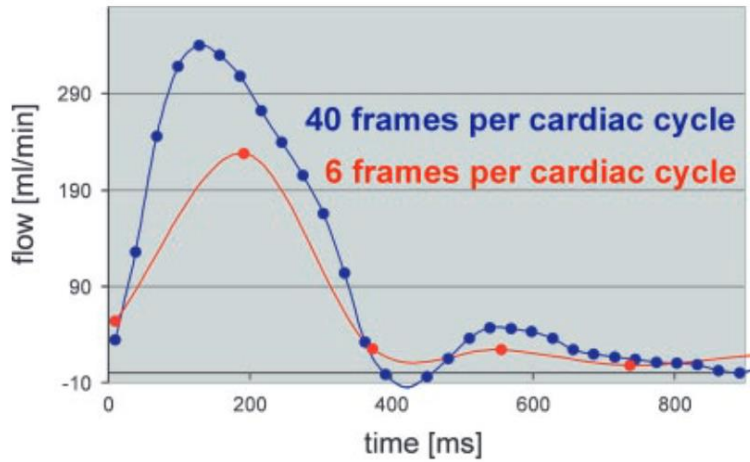
Нарастание ошибки измерения при значительном увеличении диапазона измеряемых линейных скоростей



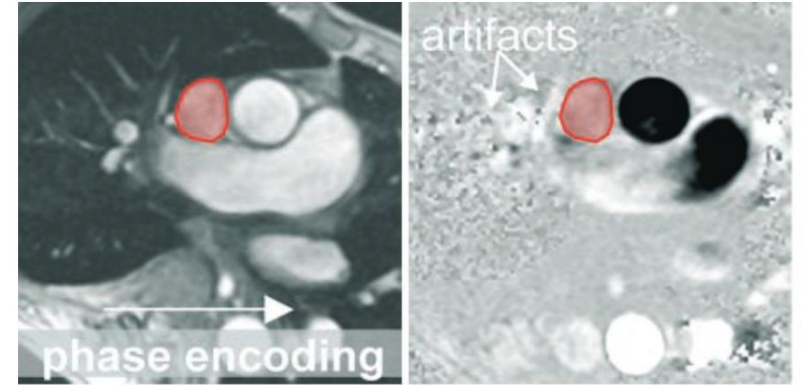
Ошибка выбора правильного наклона сканирования по отношению к измеряемому потоку

Ошибка выбора диапазона измеряемых линейных скоростей

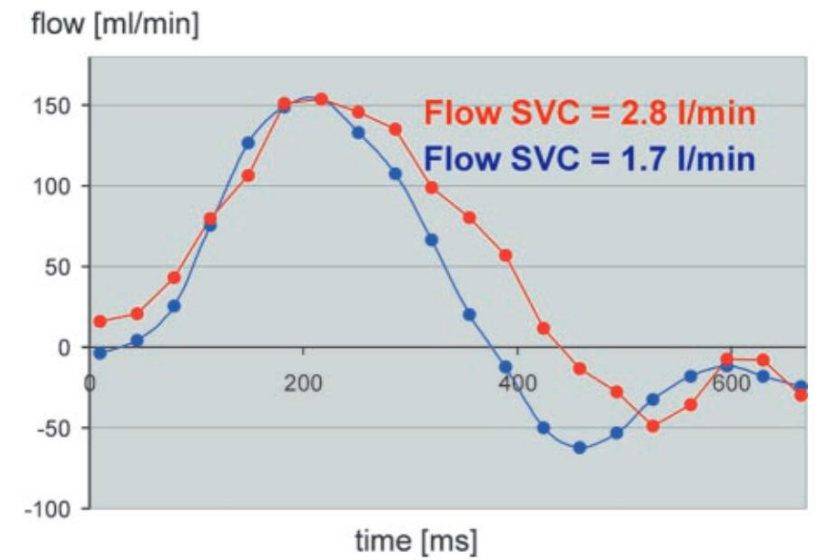
2D-ФАЗОКОНТРАСТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ



Точность в зависимости от временного разрешения



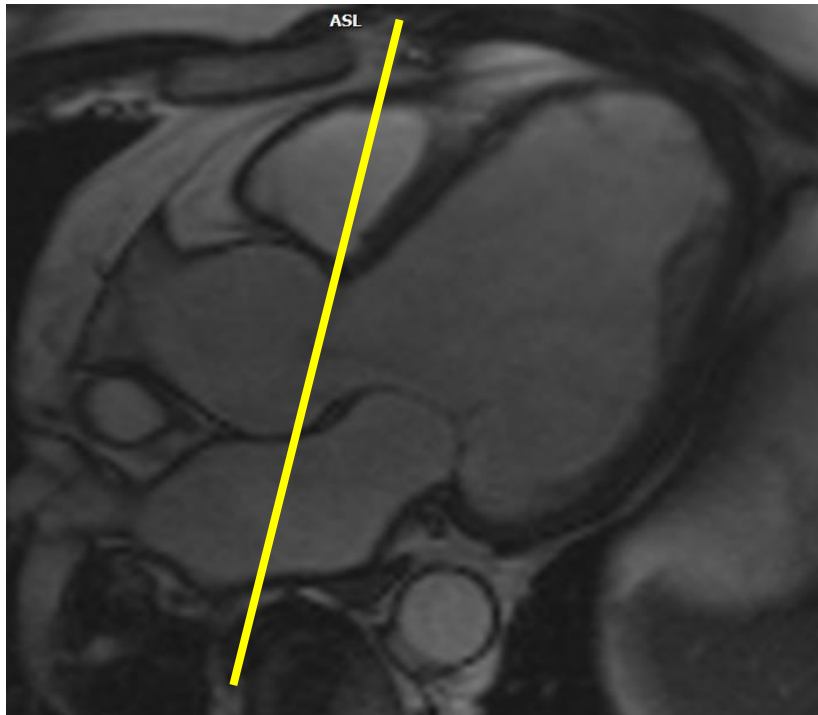
a.



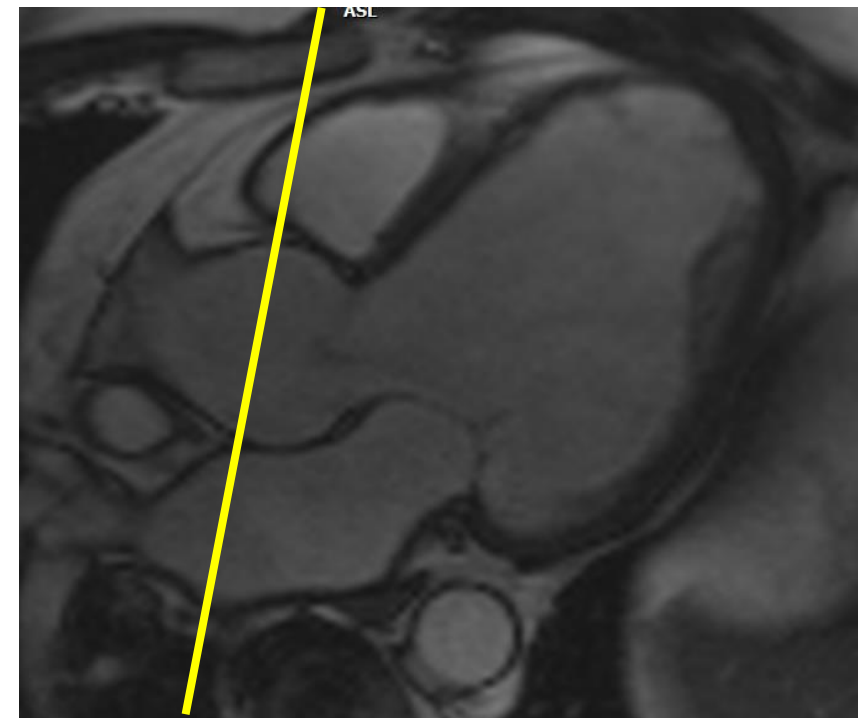
Влияние передаточной пульсации при оценке потока



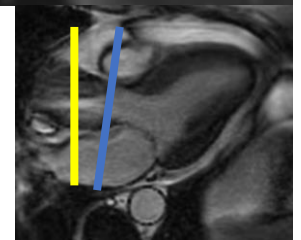
2D-ФАЗОКОНТРАСТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ОЦЕНКА СТЕНОЗОВ И НЕДОСТАТОЧНОСТИ (АОРТАЛЬНЫЙ КЛАПАН, КЛАПАН ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ)



Регургитация



Стеноз





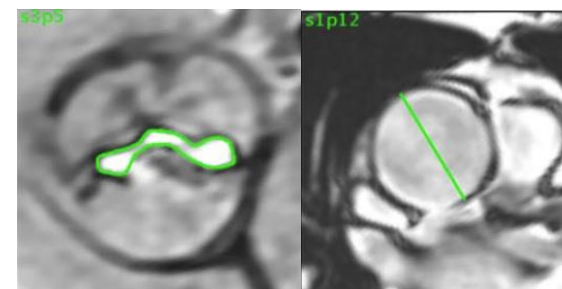
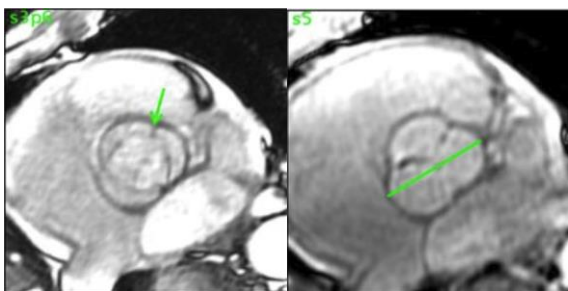
2D-ФАЗОКОНТРАСТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ОЦЕНКА СТЕНОЗОВ И НЕДОСТАТОЧНОСТИ (АОРТАЛЬНЫЙ КЛАПАН, КЛАПАН ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ)

НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

Параметр	Легкая	Средняя	Тяжелая
Объем регургитации мл	Менее 30 мл	30-60 мл	Более 60 мл
Фракция регургитации %	Менее 30%	30-49%	Более 50%

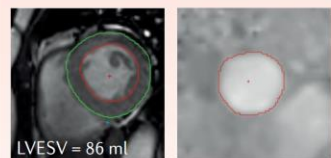
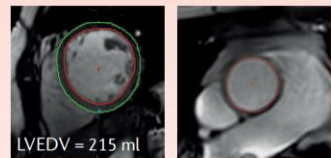
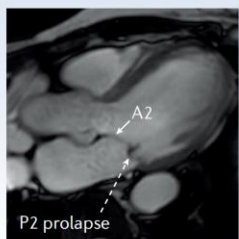
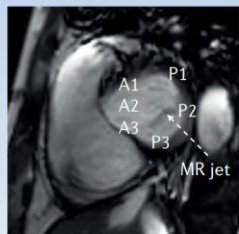
СТЕНОЗ

Параметр	Легкий	Средний	Тяжелый
Пиковая скорость, м/с	2,6-2,9	3,0-4,0	Более 4,0
Минимальная площадь потока кв.см.	Более 1,5	1,0-1,5	Менее 1,0
Пиковый градиент давления мм.рт.ст.	Менее 36	36-64	Более 64
Средний градиент давления мм.рт.ст.	Менее 25	25-40	Более 40

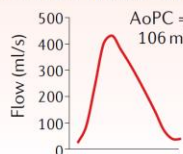




2D-ФАЗОКОНТРАСТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ОЦЕНКА НЕДОСТАТОЧНОСТИ (МИТРАЛЬНЫЙ КЛАПАН)



$$LVSV = LVEDV - LVESV = 129 \text{ ml}$$



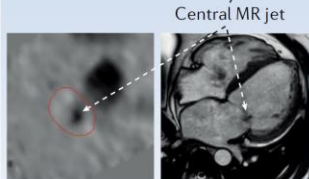
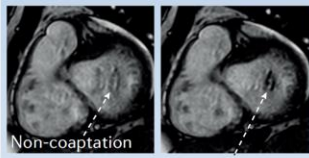
Aetiology

- Primary MR
- Carpentier type II
- P2 prolapse

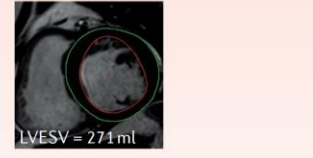
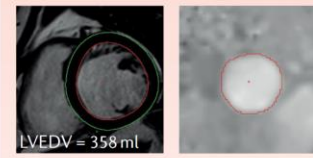
MR severity

- $MR_{vol} = LVSV - AoPC = 23 \text{ ml}$
- $MR_{RF} = (MR_{vol} / LVSV) \times 100 = 18\%$

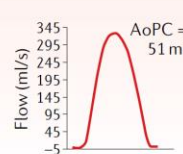
Overall
Mild MR



Extensive transmural scar in the anterior and inferior left ventricular walls



$$LVSV = LVEDV - LVESV = 87 \text{ ml}$$



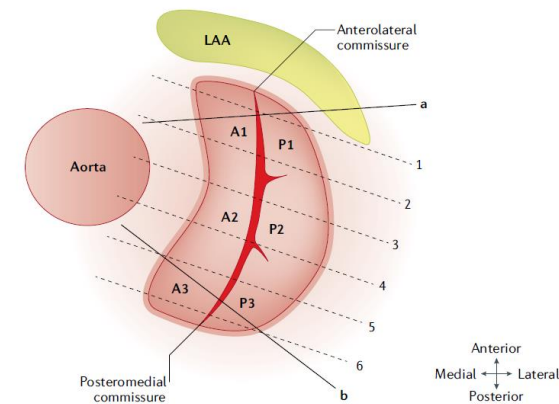
Aetiology

- Secondary functional MR
- Carpentier type IIIb
- Non-coaptation of leaflets secondary to ventricular dilatation resulting in restrictive leaflet motion

MR severity

- $MR_{vol} = LVSV - AoPC = 36 \text{ ml}$
- $MR_{RF} = (MR_{vol} / LVSV) \times 100 = 41\%$

Overall
Moderate MR



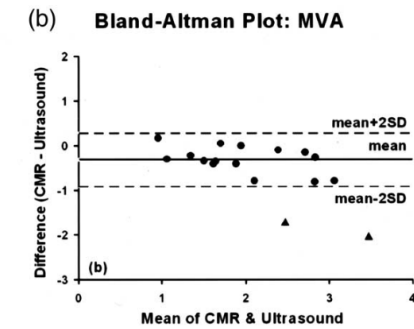
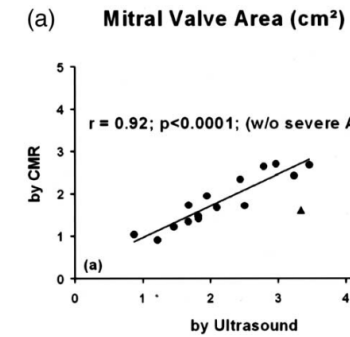
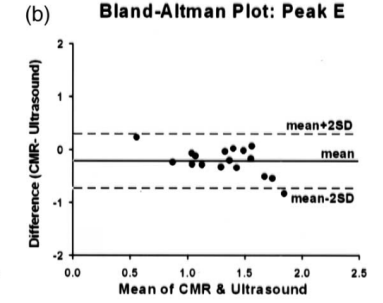
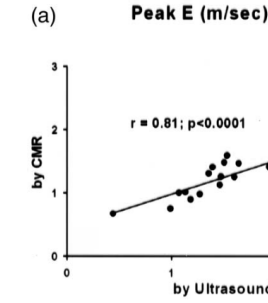
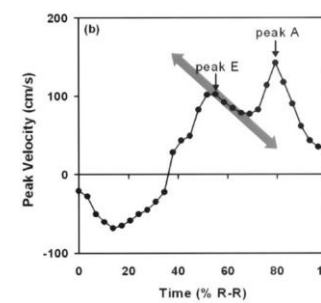
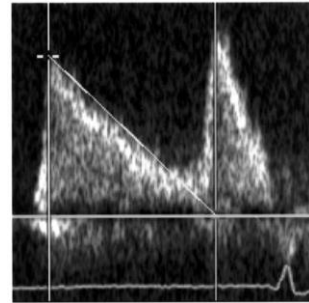
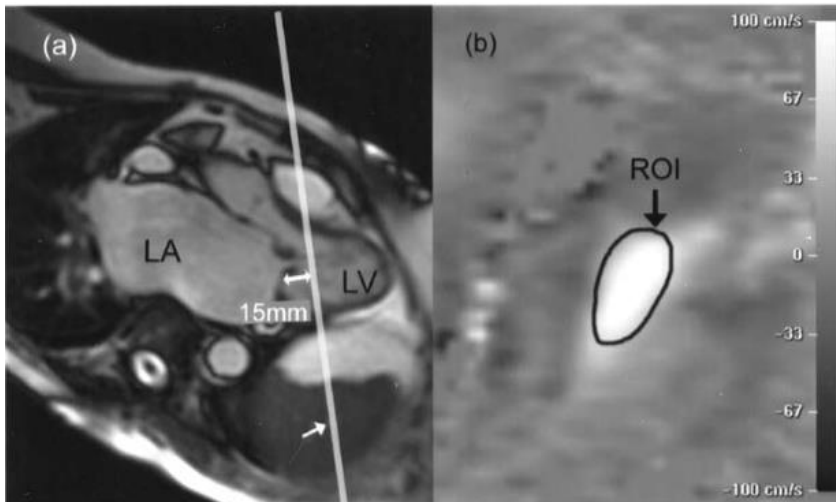
Первичная митральная регургитация

Вторичная митральная регургитация

Модифицированная классификация Carpentier	Морфология створок не изменена		Изменение морфологии створок	
	Морфология створок митрального клапана	Вероятная этиология (вторичная митральная регургитация)	Морфология створок митрального клапана	Вероятная этиология (первичная митральная регургитация)
Тип I (нормальная подвижность створок)	Расширение атриовентрикулярного отверстия	Дилатационная кардиомиопатия или дилатация левого предсердия	Перфорация или разрыв створки	Эндокардит
Тип II (избыточная подвижность створок)	-	-	Удлинение (разрыв папиллярной мышцы или отрыв хорд)	Дегенеративные изменения клапана, эндокардит, травма или ишемическая кардиомиопатия
Тип IIIa ограниченная подвижность створок и в систолу и в диастолу	-	-	Утолщение створок (их ретракция), обызвествление, утолщение хорд и их укорочение, сращение створок или комиссур	Ревматизм, карциноидная опухоль или дилатационная кардиомиопатия
Тип IIIb ограниченная подвижность створок, в основном в систолу	Дилатация левого желудочка (аневризма)	Ишемическая кардиомиопатия или дилатационная кардиомиопатия	Смещение папиллярных мышц или удлинение хорд	Ишемическая кардиомиопатия или дилатационная кардиомиопатия

Параметр	Легкая	Средняя	Тяжелая
Объём регургитации мл	Менее 30 мл	30-60 мл	Более 60 мл
Фракция регургитации %	Менее 30%	30-49%	Более 50%

2D-ФАЗОКОНТРАСТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ОЦЕНКА СТЕНОЗОВ (МИТРАЛЬНЫЙ КЛАПАН)



Параметр	Легкий	Средний	Тяжелый
Систолическое давление в легочной артерии мм.рт.ст.	Менее 30	30-50	Более 50
Минимальная площадь потока кв.см.	Более 1,5	1,0-1,5	Менее 1,0
Средний градиент давления на митральном клапане мм.рт.ст.	Менее 5	5-10	Более 10

Table 1. Comparisons Between Repeat Measurements of Peak Velocities, Pressure Half-Time, and Mitral Valve Area With Velocity-Encoded Cardiovascular Magnetic Resonance

	Peak E	Peak A	PHT	MVA
r (p value)	0.99 (<0.0001)	0.99 (<0.0001)	0.83 (0.003)	0.96 (<0.0001)
CCC (95% CI)	0.99 (0.99-0.99)	0.99 (0.97-0.99)	0.78 (0.40-0.94)	0.94 (0.82-0.98)

CCC = concordance correlation coefficient; CI = confidence interval; MVA = mitral valve area; Peak A = peak velocity at A-wave; Peak E = peak velocity at E-wave; PHT = pressure half time; r = Pearson correlation coefficient.

Journal of the American College of Cardiology
© 2004 by the American College of Cardiology Foundation
Published by Elsevier Inc.

Vol. 44, No. 1, 2004
ISSN 0735-1097/04/\$30.00
doi:10.1016/j.jacc.2004.03.038

Quantification of Stenotic Mitral Valve Area With Magnetic Resonance Imaging and Comparison With Doppler Ultrasound

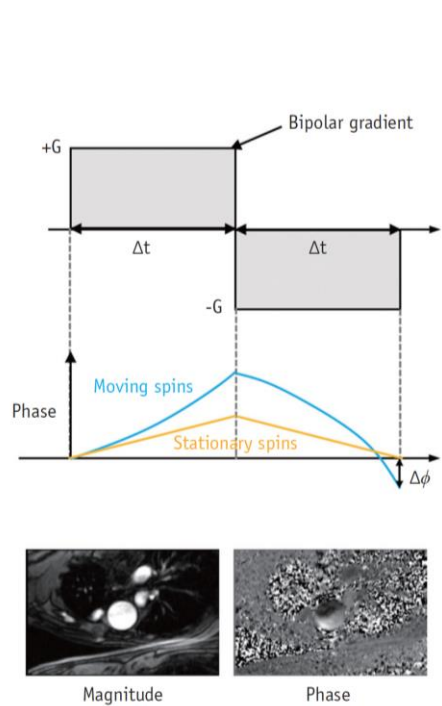
Shiow Juan Lin, MS,* Peggy A. Brown, RDCS,* Mary P. Watkins, RT,* Todd A. Williams, RT,* Katherine A. Lehr, BSN,* Wei Liu, MS,† Gregory M. Lanza, MD, PhD,* Samuel A. Wickline, MD,†† Shelton D. Caruthers, PhD*†‡

St. Louis, Missouri; and Best, Netherlands

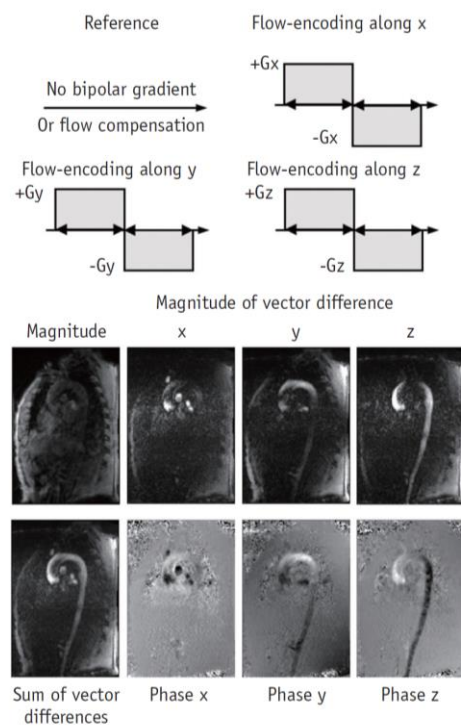


ОЦЕНКА КРОВОТОКА С ПОМОЩЬЮ 4D ФАЗОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ (ПРИНЦИП)

2D PC-MRI

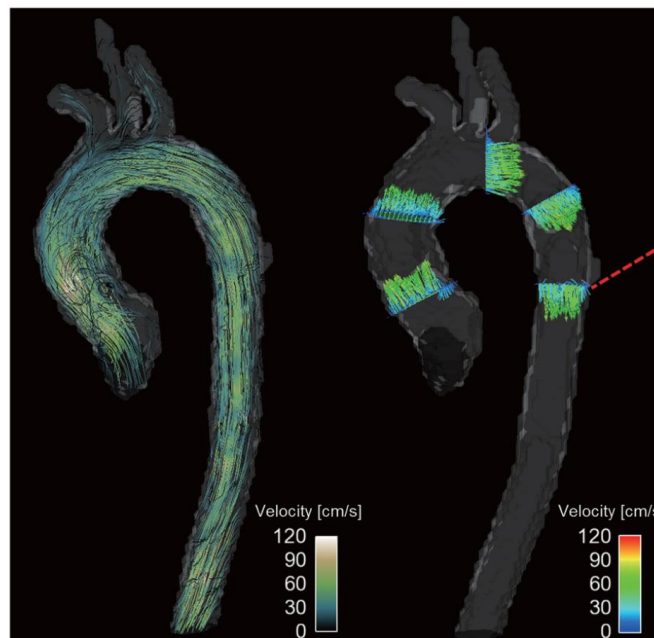


4D PC-MRI

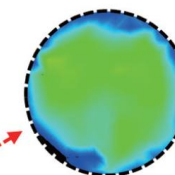


Streamline

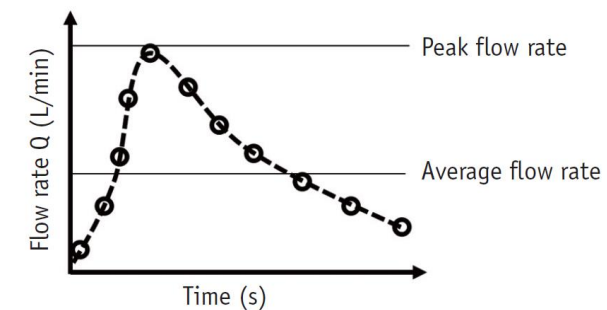
Velocity vector



Velocity contour



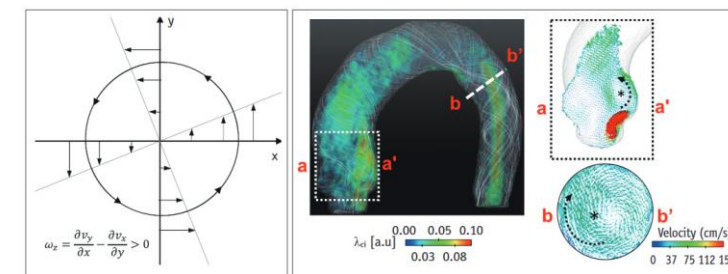
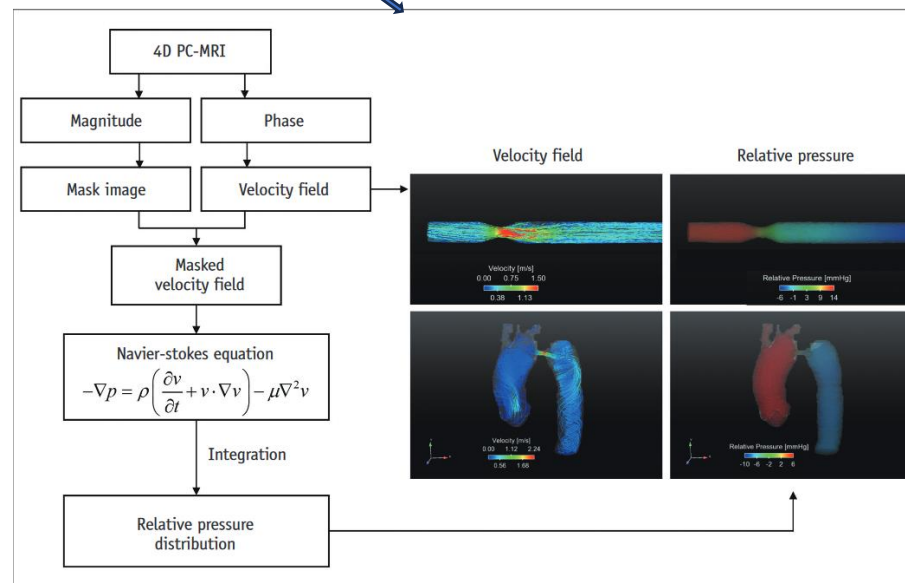
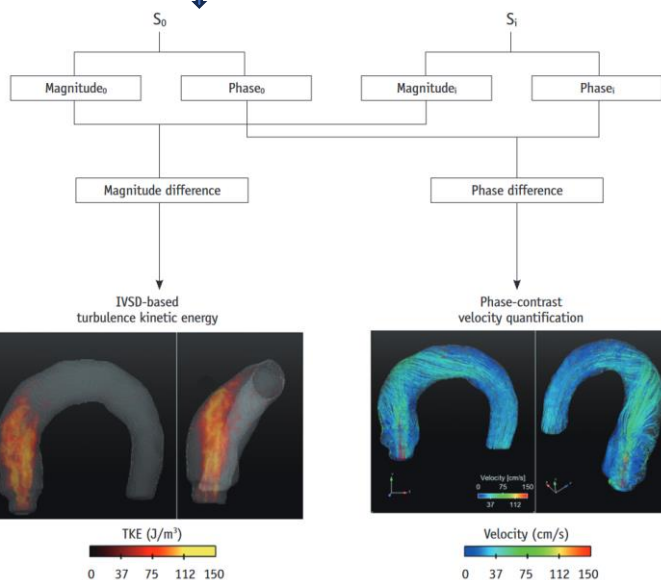
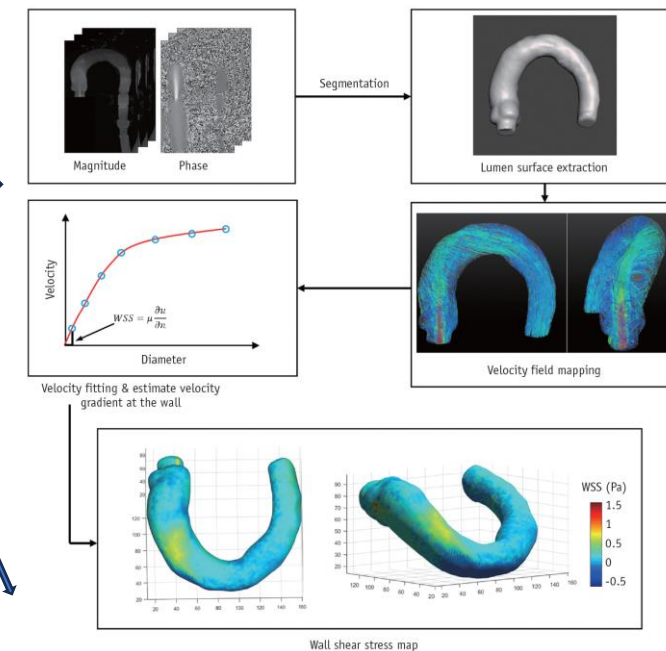
$$Q = \iint_{Area} v dA$$





ОЦЕНКА КРОВОТОКА С ПОМОЩЬЮ 4D ФАЗОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ (ВОЗМОЖНОСТИ)

Параметр	Определение	При каких процессах изменяется
Velocity, Flow rate		Изменяется при наличии локального стеноза или регургитации
WSS (wall shear stress)	Спротивление сдвига вдоль стенки	Может изменять при патологических изменениях стенки сосуда без значимого стеноза просвета
Vortex	Вихревое движение тока крови	Появление нормальных круговоротов потока при нарушениях объемного тока крови или повышении периферического сопротивления
TKE (turbulent kinetic energy)	Кинетическая энергия турбулентного кровотока	Указывает на участки с наибольшей потерей энергии текущего тока крови
Relative pressure	Градиент давление относительно референсной точки	Показывает участки с наибольшим градиентом давления или перегрузку полости давлением





ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФИБРОЗНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

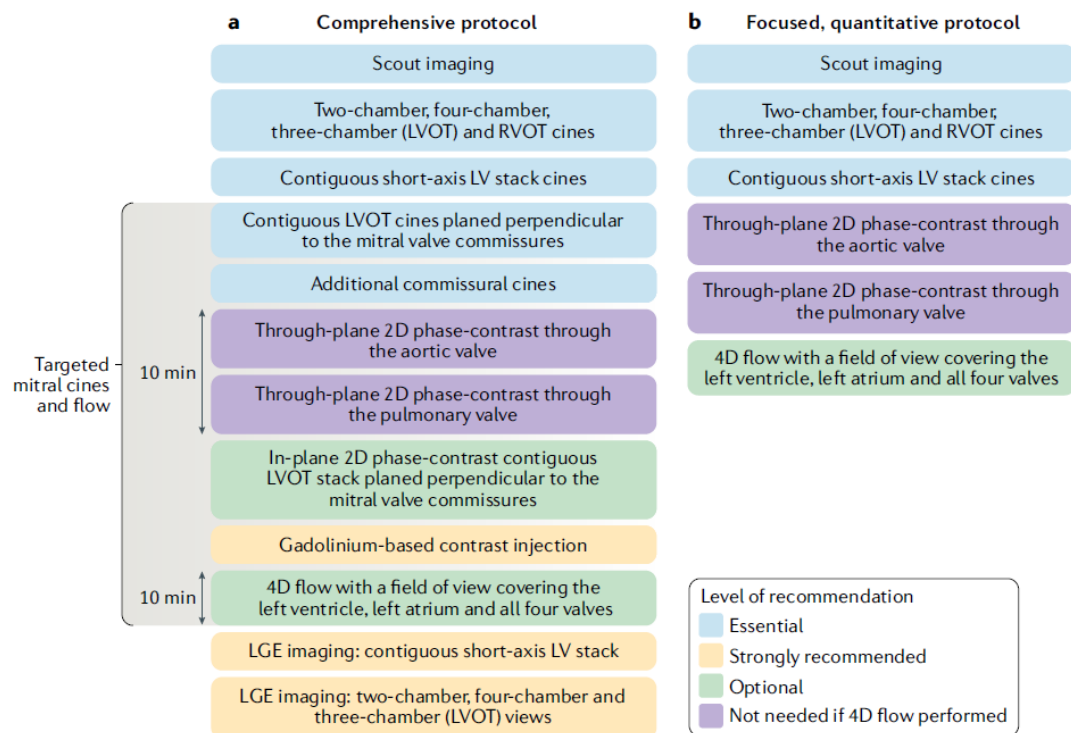
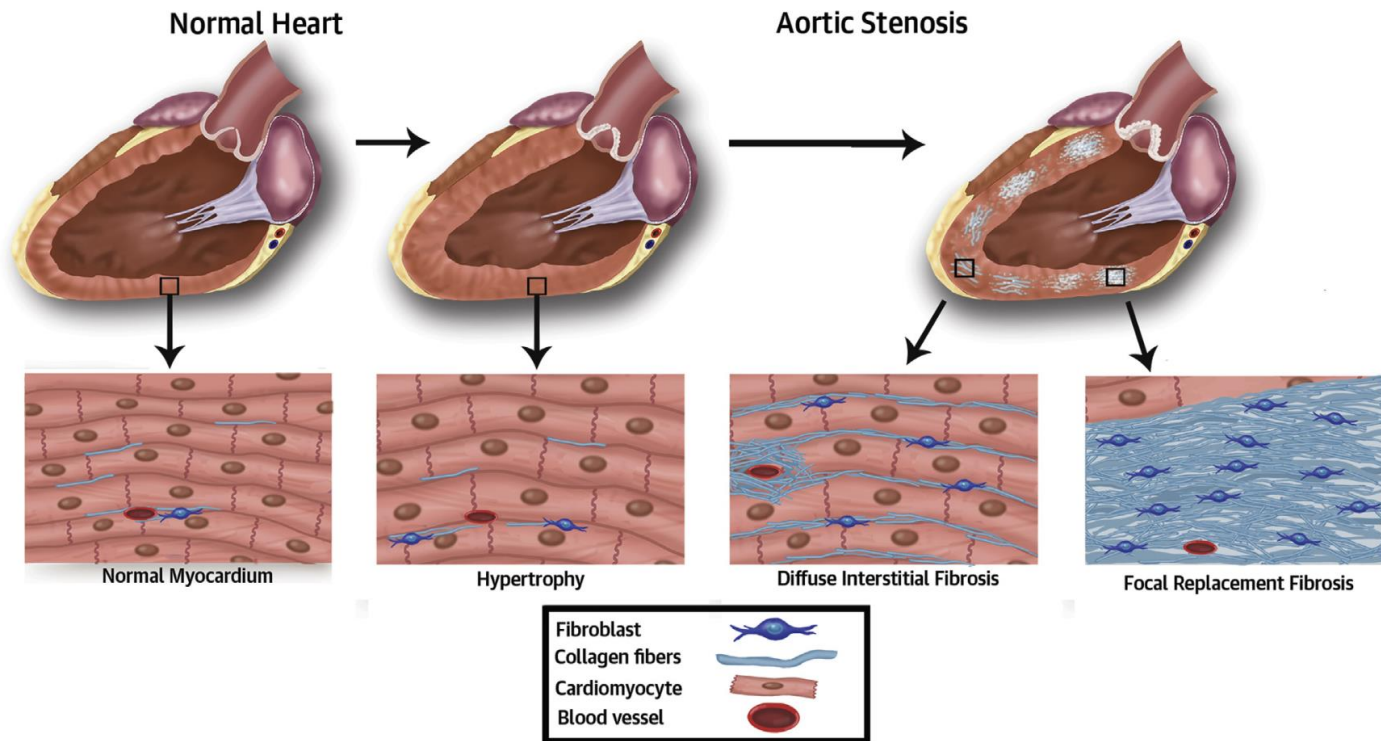


Fig. 1 | Recommended cardiovascular magnetic resonance imaging protocols for the assessment of mitral regurgitation. a | Comprehensive cardiovascular magnetic resonance imaging protocol for the assessment of mitral regurgitation. b | Focused, quantitative protocol. LGE, late gadolinium enhancement; LV, left ventricular; LVOT, left ventricular outflow tract; RVOT, right ventricular outflow tract.

Assessment of mitral valve regurgitation by cardiovascular magnetic resonance imaging

Pankaj Garg^{1*}, Andrew J. Swift¹, Liang Zhong², Carl-Johan Carlhäll³, Tino Ebbers³, Jos Westenberg⁴, Michael D. Hope⁵, Chiara Bucciarelli-Ducci⁶, Jeroen J. Bax⁷ and Saul G. Myerson⁸



ФИБРОЗ. АОРТАЛЬНЫЕ ПОРОКИ



CENTRAL ILLUSTRATION Pathophysiology of Myocardial Fibrosis in Aortic Stenosis

In response to the chronic pressure overload of severe aortic stenosis, the left ventricle reacts by compensatory concentric hypertrophic remodeling. This phenomenon involves not only increased myocyte volume (**second panel from the left**) but also coordinated remodeling and increased extracellular matrix, with development of both diffuse interstitial and focal replacement fibrosis. Diffuse interstitial fibrosis consists of increased deposition of collagen in interstitial spaces (**third panel from the left**). Focal replacement fibrosis consists of replacement of myocytes by fibrotic tissue (**right panel**). This latter form of fibrosis can be detected by late gadolinium enhancement on cardiac magnetic resonance.

Contrast-enhanced magnetic resonance imaging identifies focal regions of intramyocardial fibrosis in patients with severe aortic valve disease: Correlation with quantitative histopathology

[Marcelo Nigri MD](#), [Clerio F. Azevedo MD](#), [Carlos Eduardo Rochitte MD](#)  , [Vladimir Schraibman MD](#), [Flavio Tarasoutchi MD](#), [Pablo M. Pommerantzeff MD](#), [Carlos Manuel Brandão MD](#), [Roney O. Sampaio MD](#), [José R. Parga MD](#), [Luiz F. Ávila MD](#), [Guilherme S. Spina MD](#), [Max Grinberg MD](#)

Results

Interstitial MF determined by histopathologic analysis was higher in patients with AVD than in controls ($2.7\% \pm 2.0\%$ vs $0.6\% \pm 0.2\%$, $P = .001$). When compared with histopathologic results, ce-MRI demonstrated a sensitivity of 74%, a specificity of 81%, and an accuracy of 76% to identify AVD patients with increased interstitial MF. There was a significant inverse correlation between interstitial MF and LV ejection fraction ($r = -0.67$, $P < .0001$). Accordingly, patients with identifiable focal regions of MF by ce-MRI exhibited worse LV systolic function than those without MF ($45\% \pm 14\%$ vs $65\% \pm 14\%$, $P < .0001$).

Conclusions

Contrast-enhanced MRI allows for the noninvasive detection of focal regions of MF in patients with severe AVD. Moreover, patients with identifiable MF by ce-MRI exhibited worse LV functional parameters.



ФИБРОЗ. АОРТАЛЬНЫЕ ПОРОКИ

Prognostic Significance of LGE by CMR in Aortic Stenosis Patients Undergoing Valve Replacement



Gilles Barone-Rochette, MD, Sophie Piérard, MD, Christophe De Meester de Ravenstein, MS, Stéphanie Seldrum, MD, Julie Melchior, MD, Frédéric Maes, MD, Anne-Catherine Pouleur, MD, PhD, David Vancraeynest, MD, PhD, Agnes Pasquet, MD, PhD, Jean-Louis Vanoverschelde, MD, PhD, Bernhard L. Gerber, MD, PhD

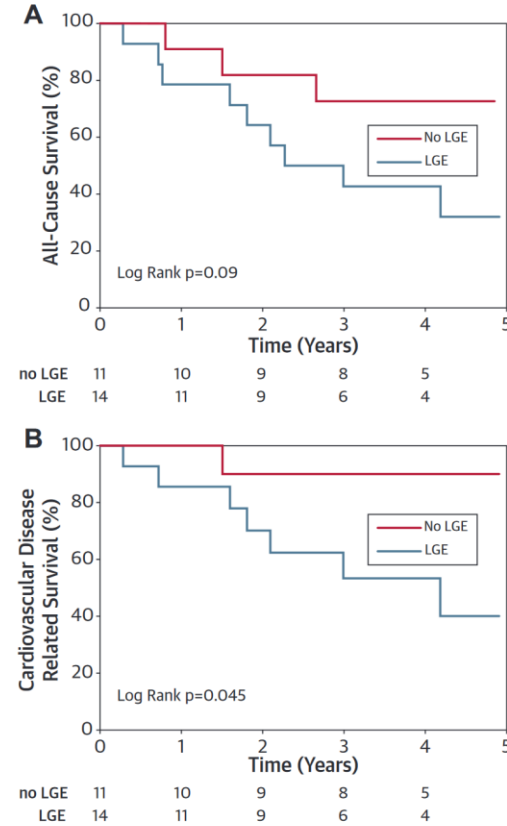
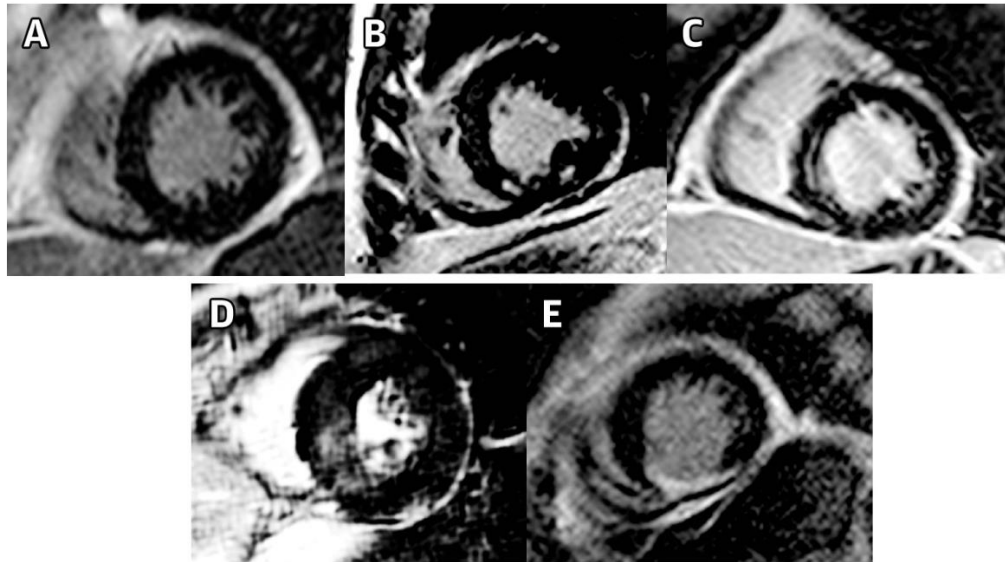


FIGURE 5 Kaplan-Meier Survival in Patients Without CAD Undergoing Transfemoral TAVR, by LGE Status

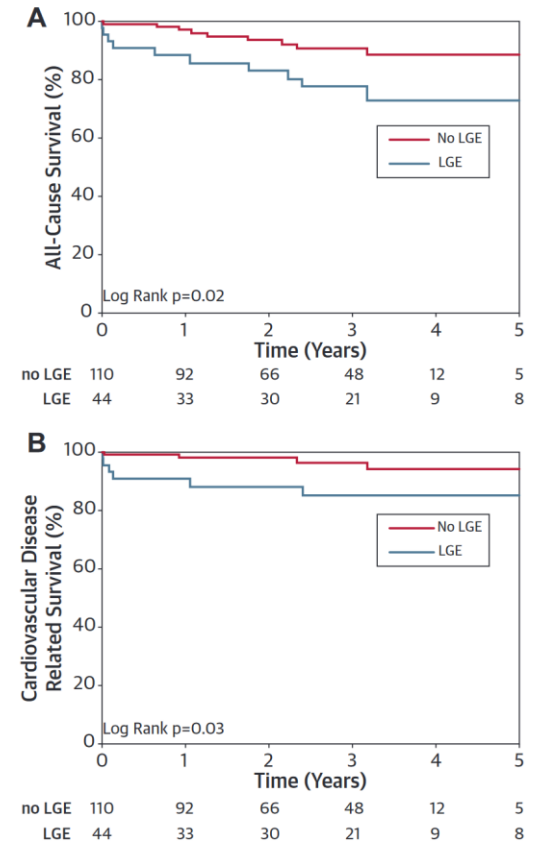


FIGURE 3 Kaplan-Meier Survival in Patients With AS Undergoing Surgical AVR, by LGE Status

- Среди бессимптомных пациентов LGE наблюдался у 29% перенёвших протезирование аортального клапана и у 50% после ТАВИ.
- Среди пациентов с LGE 9% имели ишемический характер фиброзных изменений.
- Оценка LGE при МРТ может независимым методом стратификации риска у пациентов с аортальным стенозом.

CONCLUSIONS

Our study shows that the detection of LGE by CMR can predict all-cause and cardiovascular disease related mortality in low-risk patients with severe AS without a history of MI undergoing surgical AVR. It also appears to predict cardiovascular disease related mortality in high-risk patients undergoing transfemoral AVR. Therefore, the evaluation of LGE could be a new method of risk stratification in patients with AS undergoing AVR.



ФИБРОЗ. МИТРАЛЬНЫЕ ПОРОКИ

Myocardial extracellular volume by T1 mapping: a new marker of arrhythmia in mitral valve prolapse



Anna Giulia Pavon^{1,2,4*}, Dimitri Arangalage¹, Patrizio Pascale^{1,3}, Sarah Hugelshofer^{1,2}, Tobias Rutz^{1,2,3}, Alessandra Pia Porretta¹, Mathieu Le Bloa¹, Olivier Muller^{1,3}, Etienne Pruvot^{1,3}, Juerg Schwitter^{1,2,3} and Pierre Monney^{1,2,3}

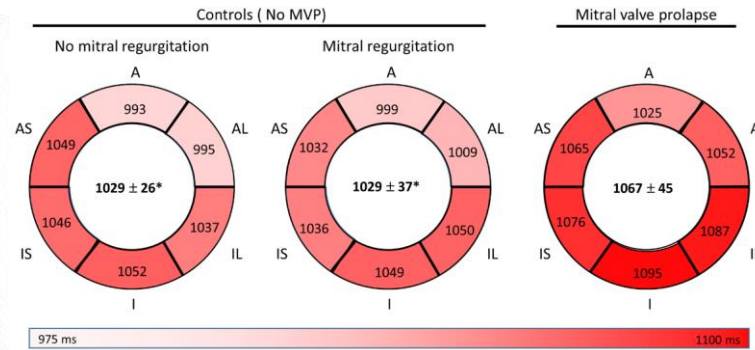
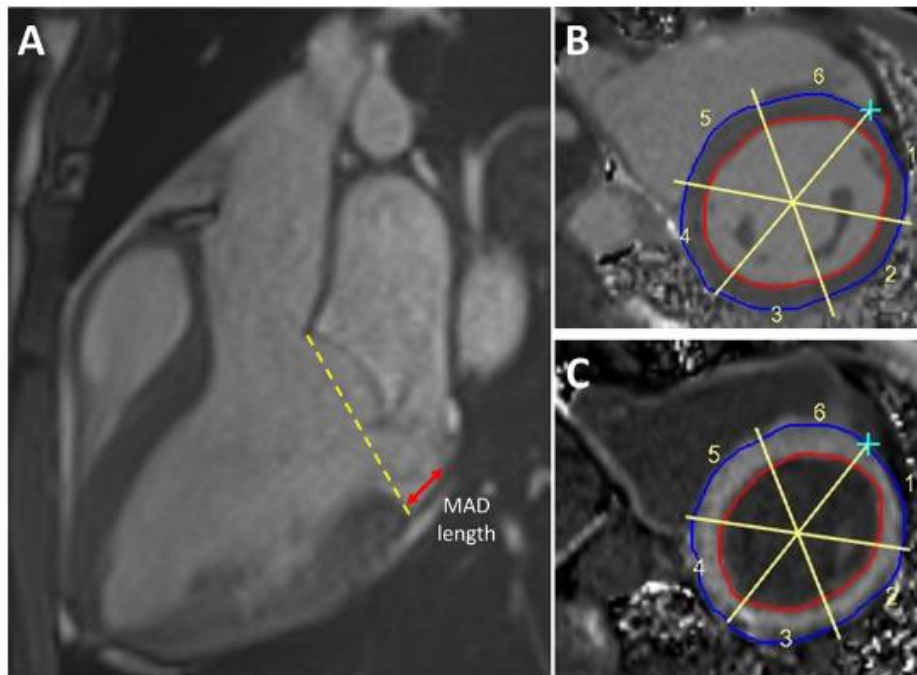
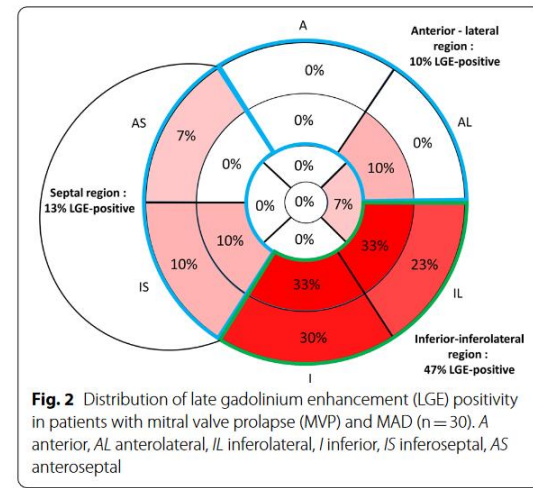


Fig. 3 Pre-contrast T1 relaxation time measured in the six basal myocardial segments. The average T1 relaxation time is indicated in the center of each plot. Abbreviations: see Fig. 2

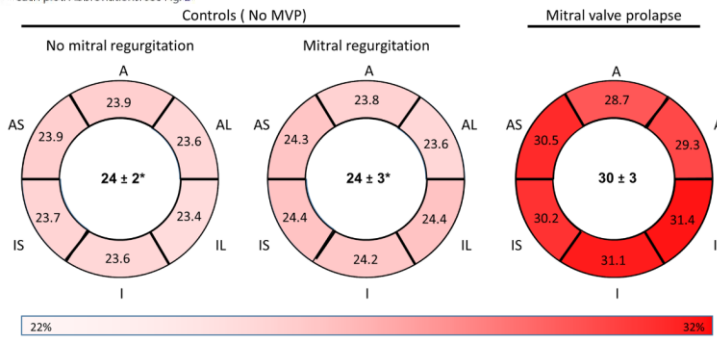


Fig. 4 Extracellular volume (ECV) calculated in the six basal myocardial segments. The average ECV is indicated in the center of each plot. Abbreviations: see Fig. 2

Conclusion

In patients with MVP-MAD, remodelling of the LV occurs and both focal replacement and interstitial myocardial fibrosis can be detected by CMR. Compared to LGE extent, ECVsyn of the basal LV segments had a stronger association with MAD severity, and a similar association with OHCA. Our data suggest that ECVsyn should be part of the CMR examination of MVP patients in an effort to better assess fibrous remodelling as it may provide additional value beyond the assessment of LGE in the arrhythmic risk stratification.



ФИБРОЗ. МИТРАЛЬНЫЕ ПОРОКИ

Quantification of Left Ventricular Interstitial Fibrosis in Asymptomatic Chronic Primary Degenerative Mitral Regurgitation

Nicola C. Edwards, PhD; William E. Moody, MBChB; Mengshi Yuan, MBBS;
Peter Weale, BSc; Desley Neal, MD; Jonathan N. Townsend, MD;
Richard P. Steeds, MA, MD

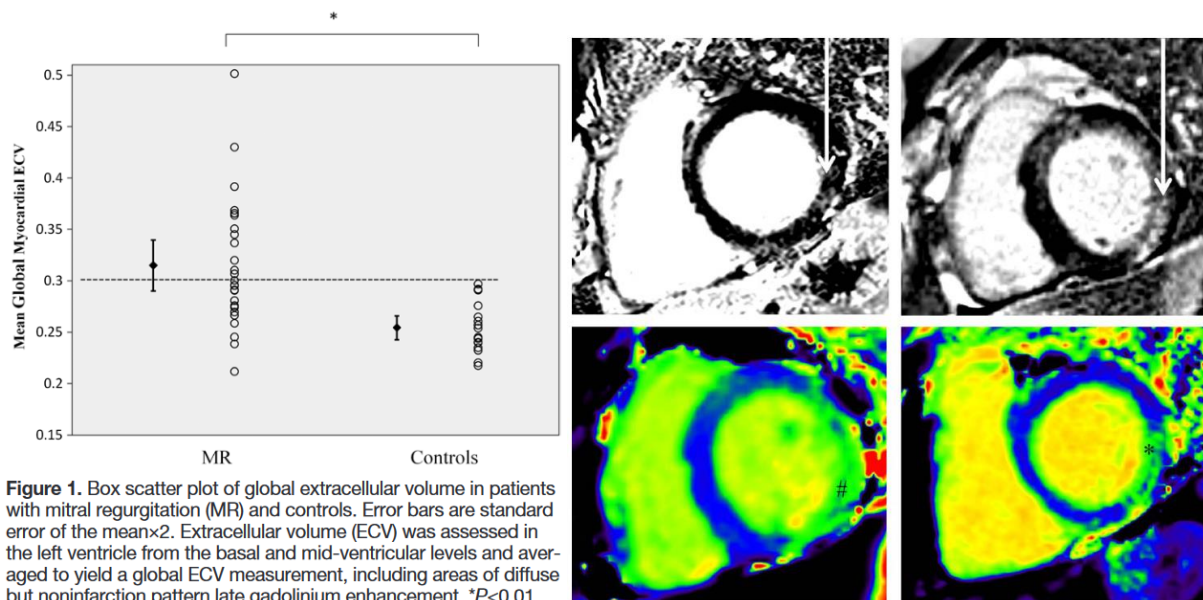


Figure 1. Box scatter plot of global extracellular volume in patients with mitral regurgitation (MR) and controls. Error bars are standard error of the mean \times 2. Extracellular volume (ECV) was assessed in the left ventricle from the basal and mid-ventricular levels and averaged to yield a global ECV measurement, including areas of diffuse but noninfarction pattern late gadolinium enhancement. * P <0.01.

Conclusions

This study has demonstrated that patients with asymptomatic moderate to severe MR demonstrate a spectrum of myocardial fibrosis associated with reduced myocardial deformation and reduced exercise capacity. Further studies in larger populations may be warranted to further define the role of ECV measurement in degenerative MR and whether it affects clinical outcomes.



ВЫВОДЫ:

- фазово-контрастная МРТ является надежным и альтернативным УЗИ способом диагностики стеноза или недостаточности клапанов сердца.
- 4D оценка потоков крови может более широко описать возможные нарушения гемодинамики у пациентов с пороками или патологией магистральных сосудов.
- Оценка LGE может быть независимым предиктором оценки выживаемости у пациентов с аортальными пороками.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Примечания по технике безопасности

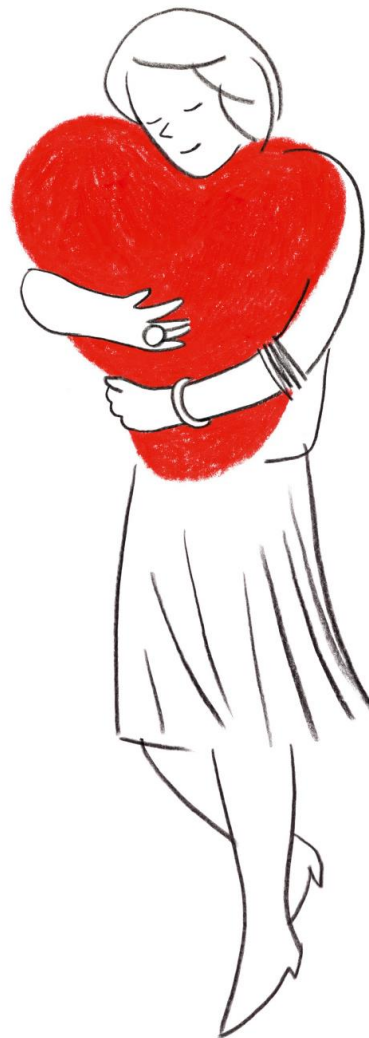
ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Приложение помогает проводить только анализ изображений и не дает автоматических количественных результатов. Использование и организация количественных измерений осуществляются по усмотрению пользователя. В случае неточных измерений возможна постановка неверного диагноза. Измерения должны проводиться только надлежащим образом обученным и квалифицированным пользователем.





ИЮНЬСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
В КАРДИОКЛИНИКЕ

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**



Приглашаем присоединиться
к участникам конференций
в Telegram-канале.