

DOI: <https://doi.org/10.51922/2616-633X.2023.7.2.2014>

РОЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ СО СНИЖЕННОЙ КОНТРАКТИЛЬНОСТЬЮ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

С.В. Коваль, В.В. Шумовец, И.И. Гринчук, Т.В. Русак, А.А. Ефимова

РНПЦ «Кардиология». Минск, Беларусь
koval.051095@gmail.com
vshumaviec@gmail.com

УДК 616.124.2-008.313.3-06:616.127-07

Ключевые слова: сниженная контрактильность левого желудочка, позитронно-эмиссионная томография, магнитно-резонансная томография, стресс-эхокардиография.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ. С.В. Коваль, В.В. Шумовец, И.И. Гринчук, Т.В. Русак, А.А. Ефимова. Роль инструментальных методов диагностики в оценке жизнеспособности миокарда у пациентов со сниженной контрактильностью левого желудочка. *Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски*, 2023, Т. 7, № 2, С. 2014–2020.

Резюме. В данном обзоре описаны наиболее значимые инструментальные методы диагностики жизнеспособного миокарда у пациентов со сниженной контрактильностью левого желудочка,

так как диагностика жизнеспособного миокарда играет важную роль в тактике лечения пациентов с ишемической дисфункцией миокарда.

THE ROLE OF INSTRUMENTAL DIAGNOSTIC METHODS IN ASSESSING MYOCARDIAL VIABILITY IN PATIENTS WITH REDUCED LEFT VENTRICULAR CONTRACTILITY

S. Koval, V. Shumovets, I. Grinchuk, T. Rusak, A. Yefimova

Republican Scientific and Practical Centre "Cardiology", Minsk, Belarus

Key words: reduced contractility of the left ventricle, positron emission tomography, magnetic resonance imaging, stress echocardiography.

FOR REFERENCES. S. Koval, V. Shumovets, I. Grinchuk, T. Rusak, A. Yefimova. The role of instrumental diagnostic methods in assessing myocardial viability in patients with reduced contractility of the left ventricle. *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks], 2023, vol. 7, no. 2, pp. 2014–2020.

Abstract. This review describes the most significant instrumental methods of diagnosis of viable myocardium in patients with reduced contractility

of the left ventricle, since diagnosis of myocardial viability plays an important role in the management of patients with ischemic myocardial dysfunction.

Введение

Несмотря на достижения медицинской науки, ишемическая болезнь сердца (ИБС) и обусловленная ею дисфункция миокарда остаются актуальной проблемой современной кардиологии [1, 2]. Нарушение функции

миокарда, наряду с его структурным ремоделированием и активацией ряда нейрогормональных систем организма является ключевым звеном в развитии и прогрессировании сердечной недостаточности [2]. В настоящее время доказано, что снижение сократимости миокарда связано не только с рубцовы-

ми изменениями, но и с обратимой миокардиальной дисфункцией [3]. Следовательно, воздействие на обратимую дисфункцию может быть перспективным направлением медикаментозного и хирургического лечения [5]. В этой связи актуальной является идентификация жизнеспособного миокарда. Наличие сохраненного клеточного метаболизма и резерва сократимости позволило объединить варианты обратимой дисфункции сердечной мышцы термином «жизнеспособный миокард». Основные характеристики жизнеспособного миокарда (таблица 1) – наличие сократительного резерва и метаболической активности, сохранность перфузии и целостности клеточной мембраны кардиомиоцитов – лежат в основе его неинвазивной диагностики с помощью разных методов сердечно-сосудистой визуализации. Существует также возможность определить жизнеспособность дисфункционального миокарда косвенно, путем исключения нежизнеспособной (рубцовой) ткани [6].

Согласно действующим рекомендациям Европейского общества кардиологов по реваскуляризации миокарда от 2014 г., современные визуализирующие методы с высоким пространственным разрешением, в том числе магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца, рекомендуются лишь для визуализации ишемии миокарда у пациентов с умеренной претестовой вероятностью ИБС (15–85%). Отмечено, что МРТ сердца показывает высокую диагностическую точность для оценки трансмурального объема рубцовой ткани и сократительного резерва, тогда как в отношении определения жизнеспособности миокарда и прогнозирования степени восстановления сократимости стенки сердца диагностическая точность метода МРТ сопоставима с другими методиками (позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томо-

графия (ОФЭКТ), стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) с добутамином)

Ключевая роль в диагностике жизнеспособного миокарда в настоящее время принадлежит ПЭТ. В основе ПЭТ лежит использование радиофармпрепаратов (РФП), меченных изотопами –позитронных излучателей [7]. В отличие от традиционных методов ядерной медицины, РФП, используемые при ПЭТ, изготавливаются на основе изотопов важных биологических атомов (кислорода, углерода, азота, глюкозы), которые являются естественными метаболитами организма [8, 9]. Изображения ПЭТ отражают распределение РФП в исследуемом органе и позволяют оценивать процессы клеточного метаболизма, кровотока и перфузии миокарда [9, 10]. Внедрение гибридных сканеров, которые сочетают ПЭТ с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) или МРТ (ПЭТ/МРТ) может дать дополнительные возможности для комплексной оценки структурных и функциональных изменений сердца пациентов с коронарной патологией [7]. Для выявления жизнеспособного миокарда с помощью ПЭТ в качестве РФП используется 18-фтордезоксиглюкоза (18F-FDG) [8]. Совместная оценка перфузии миокарда и потребления глюкозы в различных сегментах миокарда позволяет выявить как участки нежизнеспособного миокарда (рубцовая ткань) – снижение перфузии и потребления глюкозы, так и жизнеспособной ткани – нормальное или повышенное потребление глюкозы в зоне сниженной перфузии [10].

Оценка перфузии миокарда в диагностике жизнеспособного миокарда

Для выявления жизнеспособного миокарда могут использоваться радиоизотопные методы оценки его перфузии (перфузион-

Метод диагностики	Принцип диагностики
Позитронно-эмиссионная томография сердца с фтордезоксиглюкозой	Доказательство наличия метаболической активности миокарда
Радиоизотопные исследования сердца – однофотонная эмиссионная компьютерная томография с препаратами ^{201}Tl и $^{99\text{m}}\text{Tc}$	Оценка перфузии миокарда и целостности клеточной мембраны кардиомиоцитов
Стресс-эхокардиография с добутамином	Выявление сократительного резерва миокарда
Контрастная магнитно-резонансная томография сердца	Доказательство наличия жизнеспособного миокарда методом исключения нежизнеспособной (рубцовой) ткани

Таблица 1.
Методы диагностики жизнеспособного миокарда

Method of diagnosis	Principle of diagnosis
Positron emission tomography of the heart with fluorodeoxyglucose	Evidence of the presence of metabolic activity of the myocardium
Radioisotope studies of the heart – single-photon emission computed tomography with ^{201}Tl and $^{99\text{m}}\text{Tc}$	Assessment of myocardial perfusion and integrity of the cardiomyocyte cell membrane
Stress echocardiography with dobutamine	Identification of myocardial contractile reserve
Contrast magnetic resonance imaging of the heart	Evidence of the presence of a viable myocardium by excluding non-viable (scar) tissue

Table 1.
Methods of diagnosis of viable myocardium

ная скintiграфия миокарда, ОФЭКТ) [11]. Данные методы основаны на оценке распределения в сердечной мышце внутривенно введенного РФП, который включается в неповрежденные кардиомиоциты пропорционально коронарному кровотоку [5]. Области миокарда с нормальным кровоснабжением создают картину равномерного распределения РФП, а участки миокарда с относительным или абсолютным снижением кровотока вследствие ишемии или рубцового повреждения имеют снижение включения РФП в виде дефектов перфузии [11]. Распределение РФП в миокарде зависит как от самой перфузии, так и от целостности сарколеммы и сохранности клеточного метаболизма [5]. В настоящее время основными РФП для оценки перфузии при ОФЭКТ являются хлорид таллия – таллий-201 (^{201}Tl) и препараты на основе технеция-99m ($^{99\text{mTc}}$) [12]. Хлорид таллия ^{201}Tl , который является биологическим аналогом калия и, подобно калию, поступает в кардиомиоциты посредством К-Na-АТФ-насоса. Ранний паттерн распределения пропорционален потоку крови, в то время как последний паттерн распределения указывает на ткань с неповрежденным внутриэкстраклеточным градиентом, что позволяет дифференцировать жизнеспособный и нежизнеспособный (рубец) миокард [5, 13]. В связи с тем, что РФП, меченные $^{99\text{mTc}}$, не позволяют определить перераспределение в миокарде при однократном введении, для них применяются две отдельные инъекции [12, 14]. Диагностика жизнеспособных участков миокарда в этом случае осуществляется с помощью нитроглицериновой пробы [15]. Имеются данные о возможности применения в этих целях ОФЭКТ с РФП, меченными $^{99\text{mTc}}$, в сочетании с фармакологической пробой с добутамином [16]. В качестве другого РФП для выявления жизнеспособного миокарда с помощью ОФЭКТ рассматриваются жирные

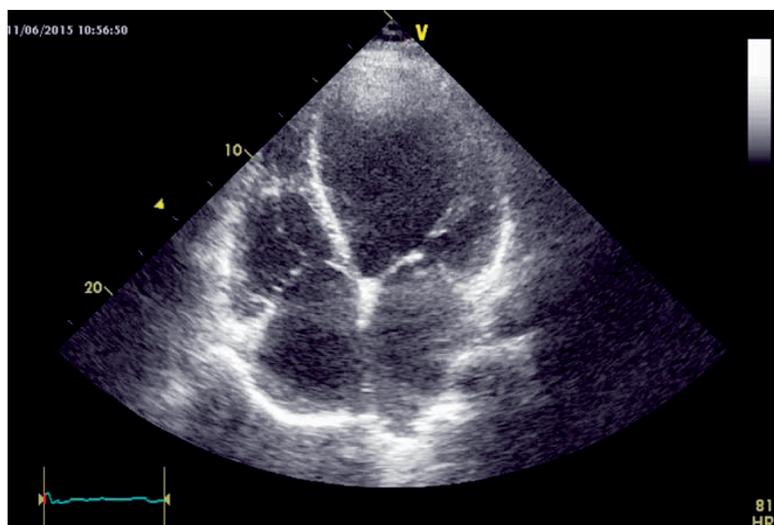
кислоты, меченные йодом-123 [17]. Механизм их действия, в отличие от перфузионных агентов, направлен на оценку метаболизма миокарда [18]. Нормальный миокард метаболизирует жирные кислоты вместо глюкозы, в то время как сегменты миокарда с обратимой дисфункцией потребляет глюкозу, в связи с чем образуются дефекты перфузии жирных кислот [19]. Совместное использование РФП для оценки перфузии и метаболизма позволяет выявить разницу между состоянием перфузии и метаболизма в одних и тех же участках сердца – так называемое перфузионно-метаболическое несоответствие, которое соответствует зонам жизнеспособного миокарда [18, 20].

Стресс-эхокардиография в диагностике жизнеспособного миокарда

Исследование систолической функции миокарда с помощью эхокардиографии в покое не позволяет достоверно отнести сегменты с нарушенной кинетикой к жизнеспособной или рубцовой ткани [21]. Исключение составляет улучшение сократимости жизнеспособных сегментов миокарда в постэкстрасистолическом сокращении [22, 23]. Важной отличительной особенностью обратимой дисфункции миокарда является наличие положительного инотропного резерва, который проявляется увеличением сократимости в ответ на инотропную стимуляцию [24]. Данный признак позволяет использовать эхокардиографию с нагрузкой – стресс-эхокардиографию – для верификации жизнеспособного миокарда [32]. В отличие от него нежизнеспособный миокард (рубец) сократимость не улучшает (отрицательный инотропный резерв) [25]. С целью выявления жизнеспособного миокарда при стресс-эхокардиографии используются пробы с фармакологическими препаратами, которые по механизму действия либо увеличивают сократимость (добутамин 5–10 мкг/кг/мин), либо перераспределяют коронарный кровоток, вызывая синдром межкоронарного обкрадывания (дипиридамол 0,28 мг/кг) [32]. В качестве количественной оценки региональной кинетики миокарда могут использоваться методики на основе тканевой доплерографии – анализ скорости движения, скорости деформации и деформации миокарда [26, 27, 28]. Однако, несмотря на явное преимущество, по сравнению с полуколичественной оценкой региональной кинетики при эхокардиографии, данные методики, будучи основанными на эффекте Доплера, имеют ограничения: их результаты зависят от угла сканирования, погрешность в измерения вносит смещение соседних участков миокарда и движения всего сердца [32]. В последние годы

Рисунок 1.
Эхокардиография
в оценке функции
и жизнеспособности
миокарда

Figure 1.
Echocardiography
in the assessment
of myocardial function
and viability



для количественной оценки кинетики миокарда при стресс-эхокардиографии используется анализ деформации миокарда с помощью методики спекл-трекинг (speckle-tracking) [29]. Данная методика не является доплерографической, и, поэтому лишена указанных для тканевой доплерографии недостатков [30]. В ряде исследований показана высокая информативность в выявлении не только жизнеспособного миокарда, но и рубцовой ткани [31].

МРТ сердца в диагностике жизнеспособного миокарда

Для диагностики жизнеспособного миокарда может использоваться МРТ сердца с добутаминовой пробой [33]. Нагрузочная МРТ или стресс-МРТ с добутамином основана на тех же принципах оценки сократительного резерва, что и стресс-эхокардиография и проводится по аналогичному протоколу. В то же время, преимуществом нагрузочной МРТ, по сравнению со стресс-эхокардиографией, является высокое пространственное разрешение и воспроизводимость [33]. Другой вариант разграничения обратимых и необратимых повреждений миокарда с помощью МРТ – это исследование с контрастированием хелатами гадолиния [34, 35]. При этом парамагнитный контрастный препарат на основе гадолиния накапливается в некротизированном, нежизнеспособном миокарде [36]. Предположительно причиной контрастирования рубцово-измененного миокарда может быть изменение кинетики гадолиния вследствие увеличения объема внеклеточной жидкости из-за нарушения целостности мембран кардиомиоцитов. Преимуществами МРТ с контрастированием являются высокое пространственное разрешение, возможность получения информации без нагрузочной пробы и отсутствие лучевой нагрузки [35].

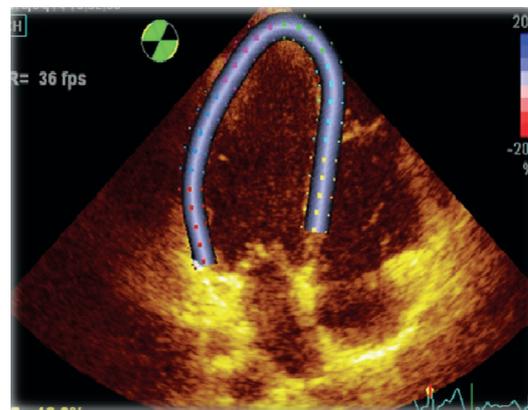
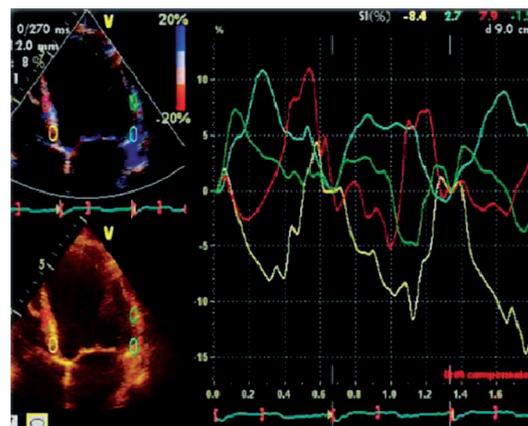
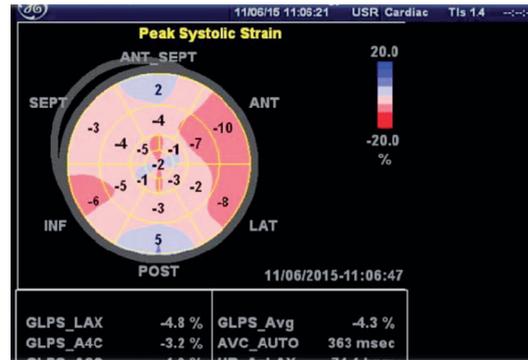
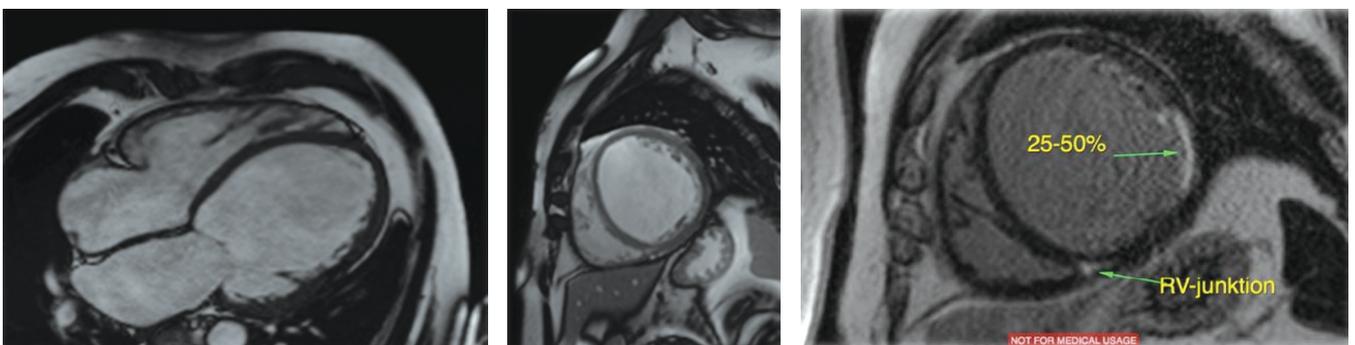


Рисунок 2. Эхокардиографическая оценка микардиальной деформации и диссинхронии

Figure 2. Echocardiographic assessment of myocardial deformation and dissynchrony



T2 – fast field echo

Рисунок 3. Роль МРТ в оценке микардиальной функции и микардиального фиброза

Figure 3. The role of MRI in the assessment of cardiac function and myocardial fibrosis

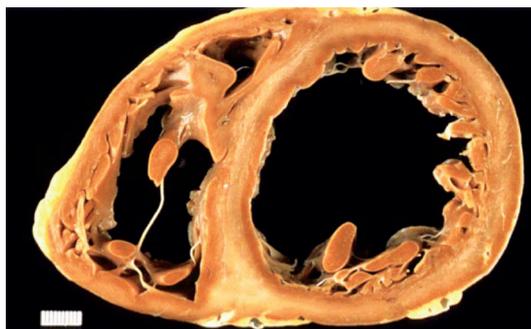
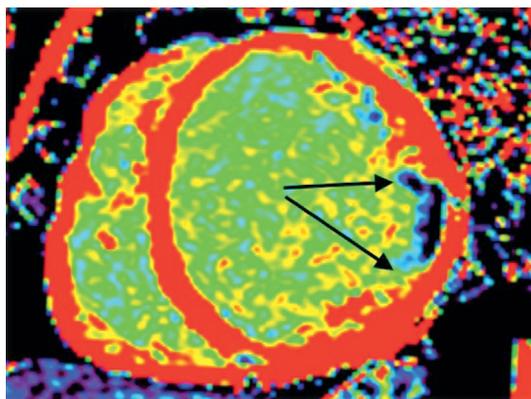
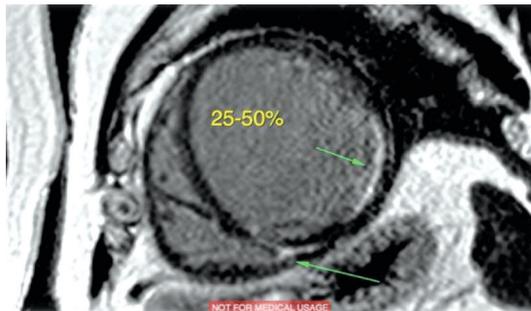


Рисунок 4. Магнитно-резонансная релаксометрия (T1-mapping)

Figure 4. Magnetic resonance relaxometry (T1-mapping)

PSIR – фазово-контрастная инверсия-восстановление эхо с гадолиний-содержащим препаратом
PSIR – Phase-contrast Inversion-echo restoration with gadolinium-containing preparation

Таблица 2. Предсказание улучшения глобальной сократимости после реваскуляризации с помощью разных методов диагностики жизнеспособного миокарда (по J.J. Bax и V. Delgado, 2015)

Методы	Количество исследований	Количество пациентов	Чувствительность, %	Специфичность, %
ПЭТ с ¹⁸ F-FDG	24	756	92	63
²⁰¹ Tl	40	1119	87	54
^{99m} Tc	25	721	83	65
Стресс-эхокардиография с добутамином	41	1421	80	78
Нагрузить МРТ добутамином	9	272	74	82
Контрастная МРТ	5	178	84	63

Table 2. Improved global contractility prediction following revascularization using different methods diagnosis of myocardial viability (according to J.J. Bax and V. Delgado, 2015)

Methods	No. of tests	No. of patients	Sensitivity, %	Specificity, %
PET with ¹⁸ F-FDG	24	756	92	63
²⁰¹ Tl	40	1119	87	54
^{99m} Tc	25	721	83	65
Stress echocardiography with dobutamine	41	1421	80	78
Load MRI with dobutamine	9	272	74	82
Contrast MRI	5	178	84	63

Результаты

В исследование включены 200 пациентов со сниженной контрактильностью левого желудочка (ЛЖ). В данном исследовании мы проводили диагностику такими инструментальными методами, как ЭХО-КГ и МРТ сердца до оперативного лечения.

По данным исследования пациентов с ИБС и фракцией выброса ЛЖ < 35%, такими инструментальными методами диагностики как ЭХО-КГ и МРТ сердца до оперативного лечения, получены следующие результаты: конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ 243,9 мл и 324,6 мл (по данным ЭХО-КГ и МРТ соответственно) с достоверной разницей в +38,15%. Конечный систолический объем (КСО) ЛЖ 173,9 мл и 264,6мл (по данным ЭХО-КГ и МРТ соответственно) с достоверной разницей в +60,15%. По данным ЭХО-КГ фракция выброса ЛЖ составила 30,6%, по результатам МРТ сердца 24,9% с разницей в 23,4%.

Выводы

В настоящее время нет единого алгоритма отбора пациентов, который позволил бы с высокой долей вероятности прогнозировать исход лечения пациентов с ишемической болезнью сердца имеющих дисфункцию миокарда. Учитывая полученные данные сравнения нарушения локальной сократимости и сократительной функции левого желудочка у пациентов с ИБС на дооперационном этапе, такими методами диагностики, как ЭХО-КГ и МРТ сердца, определена достоверная разница между данными методами оценки ЛЖ, поэтому диагностику на дооперационном этапе необходимо проводить различными методами, для более благоприятного исхода лечения пациентов с ИБС.

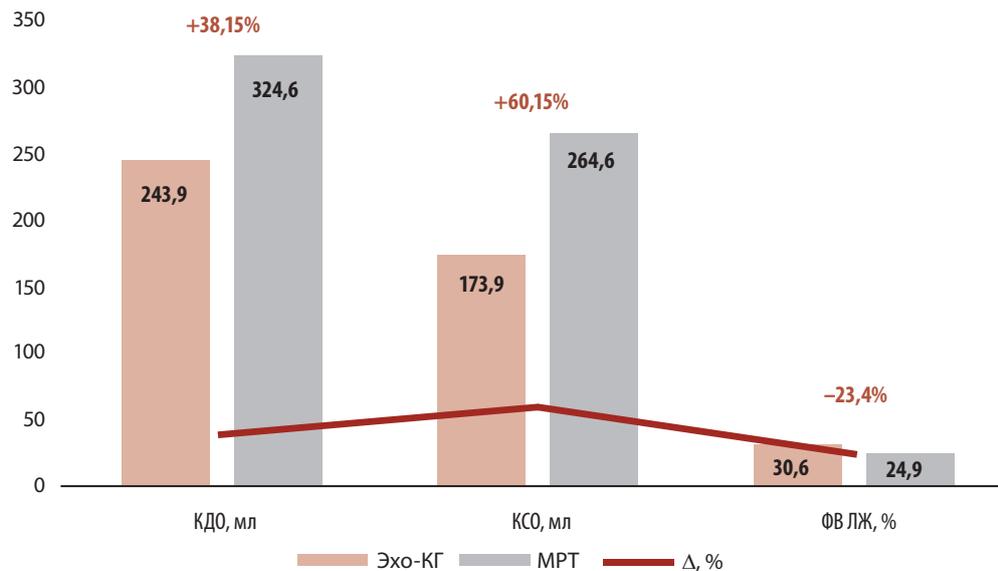


Рисунок 5.
Разница по Эхо-КГ
и МРТ в оценке
систолической
функции ЛЖ

Figure 5.
The difference in EchoCG
and MRI assessment
of LV systolic function

REFERENCES

- Mozaffarian D., Benjamin E.J., Go A.S., Arnett D.K., Blaha M.J., Cushman M., de Ferranti S., Després J.P., Fullerton H.J. [et al.] Heart disease and stroke statistics-2015 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*, 2015, vol. 131, no. 4, pp. e29–322.
- Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S., Falk V., González-Juanatey J.R., Harjola V.P., Jankowska E.A. [et al.] 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*, 2016, vol. 37, no. 27, pp. 2129–2200.
- Nikiforov V.S., Nikitin A.E., Tyrenko V.V., Svistov A.S. *Ishemicheskaya disfunkciya miokarda* [Ischemic myocardial dysfunction]. Moscow, APKIPPRO, 2005, 102 p. (in Russian).
- Gowda R.M., Khan I.A., Vasavada B.C., Sacchi T.J. Reversible myocardial dysfunction: basics and evaluation. *Int J Cardiol*, 2004, vol. 97, no. 3, pp. 349–353.
- Soman P., Udelson J.E. Prognostic and therapeutic implications of myocardial viability in patients with heart failure. *Curr Cardiol Rep*, 2004, vol. 6, no. 3, pp. 211–216.
- Yang T., Lu M.J., Sun H.S., Tang Y., Pan S.W., Zhao S.H. Myocardial scar identified by magnetic resonance imaging can predict left ventricular functional improvement after coronary artery bypass grafting. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 12, pp. e81991.
- Anagnostopoulos C., Georgakopoulos A., Pianou N., Nekolla S.G. Assessment of myocardial perfusion and viability by positron emission tomography. *Int J Cardiol*, 2013, vol. 16, no. 5, pp. 1737–1749.
- Ghesani M., Depuey E.G., Rozanski A. Role of F-18 FDG Positron emission tomography (PET) in the assessment of myocardial viability. *Echocardiography*, 2005, vol. 22, no. 2, pp. 165–177.
- Gropler R.J., Soto P. Recent advances in cardiac positron emission tomography in the clinical management of the cardiac patient. *Curr Cardiol Rep*, 2004, vol. 22, no. 1, pp. 20–26.
- Mehta D., Iskandrian A.E. Myocardial viability: nuclear assessment. *Echocardiography*, 2005, vol. 22, no. 2, pp. 155–164.
- Travin M.I., Bergmann S.R. Assessment of myocardial viability. *Semin Nucl Med*, 2005, vol. 35, no. 1, pp. 2–16.
- Won K.S., Song B.J. Recent trends in nuclear cardiology practice. *Chonnam Med J*, 2013, vol. 49, no. 2, pp. 55–64.
- Duncan B.H., Ahlberg A.W., Levine M.G., McGill C.C., Mann A., White M.P., Mather J.F., Waters D.D., Heller G.V. [et al.] Comparison of electrocardiographic-gated technetium-99m sestamibi singlephoton emission computed tomographic imaging and redistribution thallium-201 in the prediction of myocardial viability. *Am J Cardiol*, 2000, vol. 85, no. 6, pp. 680–684.
- Barrington S.F., Chambers J., Hallett W.A., O'Doherty M.J., Roxburgh J.C., Nunan T.O. Comparison of sestamibi, thallium, echocardiography and PET for the detection of hibernating myocardium. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, vol. 31, no. 3, pp. 355–361.
- Senior R., Kaul S., Raval U., Lahiri A. Impact of revascularization and myocardial viability determined by nitrate-enhanced Tc-99m sestamibi and Tl-201 imaging on mortality and functional outcome in ischemic cardiomyopathy. *J Nucl Cardiol*, 2002, vol. 9, no. 5, pp. 454–462.
- Yamagishi H., Akioka K., Hirata K., Sakanoue Y., Toda I., Yoshiyama M., Teragaki M., Takeuchi K., Yoshikawa J., Ochi H. Dobutamine stress electrocardiography-gated Tc-99m tetrofosmin SPECT for detection of viable but dysfunctional myocardium. *J Nucl Cardiol*, 2001, vol. 8, no. 1, pp. 58–67.
- Verani M.S., Taillefer R., Iskandrian A.E., Mahmarian J.J., He Z.X., Orlandi C. 123I-IPPA SPECT for the prediction of enhanced left ventricular function after coronary bypass graft surgery. Multicenter IPPA Viability Trial Investigators. 123I-iodophenylpentadecanoic acid. *J Nucl Med*, 2000, vol. 41, no. 8, pp. 1299–1307.
- Soukhov V.Y., Nikiforov V.S., Nikitin A.E., Kravchuk V.N., Shilov V., Hubulava G.G., Svistov A. Predictive value of myocardial perfusion and metabolism studies for prognosis of surgical revascularization efficacy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2005, vol. 32, no. 1, pp. S56.
- Tamaki N., Yoshinaga K. Novel iodinated tracers, MIBG and BMIPP, for nuclear cardiology. *J Nucl Cardiol*, 2011, vol. 18, no. 1, pp. 135–143.
- Fujita K., Kasama S., Kurabayashi M. Serial dual single-photon emission computed tomography of thallium-201 and iodine-123 beta-methyliodophenyl pentadecanoic acid scintigraphy can predict functional recovery of patients with coronary artery disease after coronary artery bypass graft surgery. *Nucl Med Commun*, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 148–155.
- Zaharova A.I., Nikiforov V.S., Svistov A.S. Diagnosticheskie vozmozhnosti ekhokardiografii u bol'nyh ishemicheskoy bolezniyu serdca [Diagnostic possibilities of echocardiography in patients with ischemic heart disease]. *Regional hemodynamics and microcirculation*, 2007, vol. 6, no. 4, pp. 78–85. (in Russian).
- Scognamiglio R., Negut C., Palisi M. Spontaneous recovery of myocardial asynergic segments following acute myocardial infarction. The role of post-extrasystolic potentiation echocardiography in the predischarge evaluation. *Eur J Echocardiogr*, 2003, vol. 4, no. 2, pp. 135–140.
- Nikiforov V.S. Postekstrasistolicheskoe potencirovanie v diagnostike zhiznesposobnogo disfunkcioniruyushchego miokarda [Postextrasystolic potentiation in viable dysfunctioning myocardium diagnostics]. *Ultrasound & Functional Diagnostics*, 2008, no. 5, pp. 49–56. (in Russian).
- Galato K., Chaudhry F.A. Prognostic implications of myocardial contractile reserve in patients with ischemic cardiomyopathy. *Echocardiography*, 2000, vol. 17, no. 1, pp. 61–67.

25. Yao S.S., Chaudhry F.A. Assessment of myocardial viability with dobutamine stress echocardiography in patients with ischemic left ventricular dysfunction. *Echocardiography*, 2005, vol. 22, no. 1, pp. 71–83.
26. Bountiokos M., Schinkel A.F., Bax J.J., Biagini E., Rizzello V., Krenning B.J., Vourvouri E.C., Roelandt J.R., Poldermans D. Pulsed-wave tissue Doppler quantification of systolic and diastolic function of viable and nonviable myocardium in patients with ischemic cardiomyopathy. *Am Heart J*, 2004, vol. 148, no. 6, pp. 1079–1084.
27. Hoffmann R., Altiok E., Nowak B., Heussen N., Kühl H., Kaiser H.J., Büll U., Hanrath P. Strain rate measurement by doppler echocardiography allows improved assessment of myocardial viability inpatients with depressed left ventricular function. *J Am Coll Cardiol*, 2002, vol. 39, no. 3, pp. 443–449.
28. Nikiforov V.S., Nikitin A.E., Yalovets A.A. [et al.] Vyyavlenie zhiznesposobnogo miokarda u bol'nyh s postinfarktym kardiosklerozom s pomoshch'yu dobutaminovoj stress-ekhogradiografii, dopolnennoj tkanevoj dopplerografiej [Detection of viable myocardium in patients with postinfarction cardiosclerosis using dobutamine stress echocardiography supplemented with tissue Doppler imaging]. *Vestnik Rossijskoi Voenno-meditsinskoi akademii*, 2005, suppl. 2, pp. 97–99. (in Russian).
29. Gong L., Li D., Chen J., Wang X., Xu T., Li W., Ren S., Wang C. Assessment of myocardial viability in patients with acute myocardial infarction by two-dimensional speckle tracking echocardiography combined with lowdose dobutamine stress echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2013, vol. 29, no. 5, pp. 1017–1028.
30. Nikiforov V.S., Marsalskaya O.A., Novikov V.I. *Ekhokardiograficheskaya ocenka deformacii miokarda v klinicheskoy praktike* [Echocardiographic assessment of myocardial strain in clinical practice]. Saint Petersburg, KultInformPress, 2015. 28 p. (in Russian).
31. Hutyrá M., Skala T., Kamínek M., Horák D., Kocher M., Tudos Z., Jarkovský J., Precek J., Taborský M. Speckle tracking echocardiography derived systolic longitudinal strain is better than rest single photon emission tomography perfusion imaging for non-viable myocardium identification. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2013, vol. 157, no. 1, pp. 12–21.
32. Nikiforov V.S. *Metody serdechno-sosudistoj vizualizacii v diagnostike zhiznesposobnogo miokarda pri ishemicheskoi bolezni serdca* [Methods of cardiovascular visualization for diagnostic of viable myocardium in patients with ischemic heart disease]. Saint Petersburg, KultInformPress, 2012, 33 s. (in Russian).
33. Romero J., Xue X., Gonzalez W., Garcia M.J. CMR imaging assessing viability in patients with chronic ventricular dysfunction due to coronary artery disease: a meta-analysis of prospective trials. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2012, vol. 5, no. 5, pp. 494–508.
34. Glaveckaitė S., Valeviciene N., Palionis D., Puronaitė R., Serpytis P., Laucevicius A. Prediction of long-term segmental and global functional recovery of hibernating myocardium after revascularisation based on low dose dobutamine and late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2014, vol. 16, pp. 83.
35. Gonzalez J.A., Kramer C.M. Role of imaging techniques for diagnosis, prognosis and management of heart failure patients: cardiac magnetic resonance. *Curr Heart Fail Rep*, 2015, vol. 12, no. 4, pp. 276–283.
36. Yang T., Lu M.J., Sun H.S., Tang Y., Pan S.W., Zhao S.H. Myocardial scar identified by magnetic resonance imaging can predict left ventricular functional improvement after coronary artery bypass grafting. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 12, pp. e81991.

Поступила: 31.08.2023