Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»

Министерства здравоохранения Российской Федерации Институт последипломного образования

Кафедра кардиологии, функциональной и клинико-лабораторной диагностики ИПО

**Стресс-эхокардиография**

РЕФЕРАТ

|  |  |
| --- | --- |
| Студент |  Турошеа М.В.  |
| подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Заведующий кафедрой  |  Г.В. Матюшин  |
| подпись, дата | инициалы, фамилия |

Красноярск, 2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

[Оценка функциональной значимости поражения коронарного русла и перфузии миокарда у больных ишемической болезнью сердца по данным миокардиальной контрастной стресс-эхокардиографии. 1](#_Toc148820878)

[ОГЛАВЛЕНИЕ 2](#_Toc148820879)

[1.1 Стресс-эхокардиография 3](#_Toc148820880)

[1.1.1 Диагностическая ценность стресс-эхокардиографии 3](#_Toc148820881)

[1.1.2 Показания и противопоказания стресс-эхокардиографии 4](#_Toc148820882)

[1.1.3 Виды нагрузок при стресс-эхокардиографии 6](#_Toc148820883)

[1.2 Миокардиальная контрастная стресс-эхокардиография 9](#_Toc148820884)

[1.2.1 Ультразвуковые контрастные препарата в эхокардиографии 9](#_Toc148820885)

[1.2.2 Характеристика ультразвуковых контрастных препаратов 10](#_Toc148820886)

[1.2.3 Оценка локальной сократимости миокарда при миокардиальной контрастной стресс-эхокардиографии 12](#_Toc148820887)

[1.2.4 Качественная оценка перфузии миокарда 12](#_Toc148820888)

[1.2.5 Количественная оценка перфузии миокарда 13](#_Toc148820889)

[1.2.6 Методика проведения миокардиальной контрастной стресс- эхокардиографии 14](#_Toc148820890)

[1.3 Спекл-трекинг эхокардиография 15](#_Toc148820891)

[1.3.1 Деформация миокарда 15](#_Toc148820892)

[1.3.2 Спекл-трекинг эхокардиография при оценке преходящей ишемии миокарда. 16](#_Toc148820893)

[1.3.3 Комбинация миокардиальной контрастной стресс-эхокардиографии и спекл-трекинг эхокардиографии 16](#_Toc148820894)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 18](#_Toc148820895)

## Стресс-эхокардиография

## Диагностическая ценность стресс-эхокардиографии

Стресс-ЭхоКГ представляет собой слияние двухмерной эхокардиографии (ЭхоКГ) с различными видами нагрузочных проб [32]. Метод основан на визуальной оценке локальной и глобальной сократимости ЛЖ в покое и во время нагрузки. Преходящие НЛС ЛЖ в ответ на нагрузку возникают в бассейне пораженной КА при несоответствии потребности миокарда в кислороде и его доставкой. Как правило, чем тяжелее поражение КА, тем более обширные НЛС возникают [33].

Многочисленные исследования, проведённые в течение последних 15– 20 лет, продемонстрировали, что оценка динамики НЛС во время нагрузки позволяет с высокой точностью выявлять гемодинамически значимые стенозы КА при использовании КАГ в качестве «золотого стандарта» [3]. По разным данным чувствительность Стресс-ЭхоКГ в среднем составляет около 60-80%,а специфичность – около 70-90% как у пациентов с подозрением на ИБС, так и у пациентов с известным поражением коронарного русла [34; 35; 36; 37; 134]. Данные исследования демонстрируют большой разброс в значениях чувствительности и специфичности, обусловленный разными видами нагрузочных проб, дизайном исследований, а также использованием различных пороговых значений значимости поражения коронарного русла (более 50% [34; 35; 36] или более 70-75%[36; 134]). Возникновение обширных зон НЛС во время нагрузки коррелирует с более высокой вероятностью сердечно-сосудистых событий [38], что позволяет оценивать прогноз у пациентов с ИБС. Критерием высокого риска развития сердечно-сосудистых событий является появление зон гипо- или акинезии более чем в трех смежных сегментах в 16-сегментарной модели ЛЖ [3].

«Стресс-ЭхоКГ хорошо переносится пациентами и обладает меньшей стоимостью по сравнению с такими методами, как ОЭКТ, стресс-МРТ и ПЭТ, что позволяет снизить затраты на обследование пациентов и проводить многократные повторные исследования [5; 28; 38; 39]. К преимуществам Стресс-ЭхоКГ над ОЭКТ также относятся более высокая специфичность и безопасность, ввиду отсутствия лучевой нагрузки» [40; 41; 49; 59]. «ОЭКТ, в свою очередь, обладает более высокой чувствительностью (в особенности, при однососудистом поражении огибающей артерии (ОА)) и более высокой точностью при наличии множественных исходных НЛС ЛЖ» [42; 49]. При сравнении прогностического значения Стресс-ЭхоКГ, ОЭКТ и стресс-МРТ, исследования не выявили значимых преимуществ у какого-либо метода [43; 44]. Существенных различий не было обнаружено и в выявлении гибернированного миокарда [45].

В 2018 г были опубликованы результаты крупного метаанализа, сравнившего диагностическую ценность основных функциональных проб между собой. По сравнению с КАГ все визуализирующие методы обладали сходными показателями диагностической ценности, однако наибольшей чувствительностью характеризовались стресс-МРТ 90% (83–94%) и ПЭТ 90%(78–96%) (чувствительность Стресс-ЭхоКГ составила 85% (80–89%)), а наибольшей специфичностью – Стресс-ЭхоКГ 82% (72-89%) и ПЭТ 85% (78– 90%) [29]. При этом, по данным более раннего метаанализа, чувствительность Стресс-ЭхоКГ превосходила стресс-МРТ в обнаружении гемодинамически значимого стенозирования ПНА и трехсосудистого поражения коронарного русла (94% против 75%) [46].

Стоит отметить, что ни одно из исследований, сравнивавших Стресс- ЭхоКГ с другими функциональными пробами, не учитывало практическую и прогностическую значимость дополнительных возможностей Стресс-ЭхоКГ, позволяющих обнаруживать неишемические причины сердечных симптомов, такие как диастолическая дисфункция ЛЖ, динамическая обструкция выносящего тракта (ВТЛЖ), клапанная патология и т.д.

## Показания и противопоказания стресс-эхокардиографии

«Основными показаниями к проведению Стресс-ЭхоКГ являются:

* Диагностика ИБС;
* Определение гемодинамической значимости коронарных стенозов у пациентов с известной коронарной анатомией;
* Оценка прогноза и стратификация риска у больных ИБС;
* Оценка жизнеспособности миокарда в зоне очагового повреждения» [5; 49].

«С развитием новых технологий и накоплением клинических данных, показания к проведению Стресс-ЭхоКГ расширились и в настоящее время также включают в себя:

* Выявление нарушений диастолической функции ЛЖ как причины симптомов недостаточности кровообращения с сохранной фракцией выброса ЛЖ (ФВ ЛЖ);
* Оценка давления в лёгочной артерии при широком спектре заболеваний;
* Выявление внутрижелудочковой обструкции при гипертрофической кардиомиопатии, реже – для оценки прогноза при дилятационной кардиомиопатии;
* Оценка клапанной патологии, прежде всего – тяжести аортального стеноза у больных с низким сердечным выбросом;
* В некоторых случаях – при врождённых пороках сердца, а также при обследовании спортсменов» [47; 49].

«Таким образом, в зависимости от поставленной диагностической задачи, Стресс-ЭхоКГ, помимо сократимости ЛЖ, позволяет регистрировать различные показатели, характеризующие сердечную гемодинамику. Критерием положительной пробы в таких случаях является появление специфических целевых признаков (обструкции ВТЛЖ, нарастание градиента на аортальном клапане, усугубление диастолической дисфункции ЛЖ и другие)» [47; 49].

Противопоказаниями к проведению Стресс-ЭхоКГ являются[5]:

* Острый коронарный синдром (ОКС), включающий в себя нестабильную стенокардию, а также первые 3-5 суток острого ИМ;
* Тяжелые НРС;
* Злокачественная артериальная гипертензия (АГ);
* Значимая обструкция ВТЛЖ в покое;
* Симптомный тяжелый аортальный стеноз;
* Высокая легочная гипертензия;
* Расслаивающая аневризма аорты;
* Для пробы с дипиридамолом: бронхоспазм, обструкция дыхательных путей, выраженная артериальная гипотония.

## Виды нагрузок при стресс-эхокардиографии

Все виды нагрузок увеличивают потребность миокарда в кислороде и индуцируют ишемию при наличии снижения резерва коронарного кровотока.

Потребность миокарда в кислороде увеличивается за счет увеличения частоты сердечных сокращений (ЧСС), сократительной способности миокарда и систолического АД [48].

«Наиболее распространенными видами нагрузок, используемыми при Стресс-ЭхоКГ, являются физические (вертикальная и горизонтальная велоэргометрия (ВЭМ), бег на тредмиле), фармакологические (пробы с добутамином, дипиридамолом, аденозином), проба с электрокардиостимуляцией (ЭКС) и чреспищеводная электрическая стимуляция предсердий (ЧПЭСП)» [49; 50].

«Каждая из видов нагрузок имеет свои особенности, а также достоинства и недостатки. Преимуществами физической нагрузки являются простота проведения, физиологичность, хорошая переносимость больными, а также возможность оценки реакции сердечно-сосудистой системы на стресс» [49; 51]. Никакой другой вид нагрузки не дает возможность имитировать сложные гемодинамические, нервные и гормональные реакции организма, возникающие в ответ на физическую нагрузку [38]. Кроме того, Стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой позволяет дифференцировать симптомы, вызванные коронарной болезнью и диастолический дисфункцией ЛЖ [52; 53].

«К недостаткам относятся сложность получения качественных изображений на пике нагрузки и невозможность проведения пробы у определенного контингента больных (пациентов с выраженной одышкой, атеросклерозом артерий нижних конечностей, неконтролируемой артериальной гипертензией и т.д.)» [49; 54; 55].

«Добутамин, являясь синтетическим катехоламином, селективно стимулирует 1-рецепторы, что приводит к усилению инотропной и хронотропной активности сердца и, соответственно, к повышению потребности миокарда в кислороде. Гемодинамические эффекты действия добутамина линейно коррелируют с концентрацией препарата в плазме крови. Малые дозы (до 10-15 мкг/кг/мин), увеличивая сократимость миокарда, значимо не влияют на ЧСС, что делает пробу с добутамином наиболее предпочтительной при выявлении жизнеспособности миокарда и его инотропного резерва [56; 57].

Дипиридамол является артериальным вазодилататором. Механизм его действия основан на феномене меж- и интракоронарного «обкрадывания», который возникает при повышении концентрации эндогенного аденозина. Введение дипиридамола индуцирует ишемию в бассейне стенозированной артерии за счет преимущественного расширения интактных КА и увеличения кровотока в здоровых участках миокарда [58]. Эта проба противопоказана пациентам с обструкцией дыхательный путей и гипотонией [5].

Главным достоинством фармакологических проб является получение наиболее качественных изображений сердца, а недостатком – более частое возникновение во время проб различных НРС и колебаний АД [51; 55].

Методы ЧПЭСП и пробы с ЭКС основаны на ступенчатом увеличении ЧСС до достижения целевых значений или других критериев к остановке пробы [5; 59]. Увеличение ЧСС приводит к уменьшению диастолической составляющей коронарного кровотока, что при наличии сужений в коронарных артериях ведет к недостаточности кровоснабжения соответствующих зон миокарда. [60]. Привлекательность данного вида нагрузки заключается в управляемости частоты стимуляции и возможности быстрого прекращения пробы [61]. Проведение проб со стимуляцией возможно у пациентов с высокой АГ (из-за относительного постоянства АД в течение пробы), у лиц с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, сосудов нижних конечностей (перемежающаяся хромота, тромбофлебит), органов дыхания, у детренированных лиц и лежачих больных [62]. Поскольку АД при стимуляции предсердий изменяется незначительно, потребление кислорода миокардом возрастает не так существенно, как при физической нагрузке. Поэтому считается, что ишемия, возникающая при стимуляционных пробах, носит кратковременный и менее выраженный характер. Таким образом, недостатками данного вида нагрузки является относительно невысокая чувствительность и дискомфорт для больного, связанный непосредственно со стимуляцией» [49; 63].

Международные клинические рекомендации в настоящее время в качестве наиболее предпочтительной пробы предлагают физическую нагрузку, так как она является более физиологичной и позволяет определять дополнительные прогностически значимые параметры [5].

Методика проведения Стресс-ЭхоКГ основана на ступенчатом увеличении нагрузки до достижения критериев прекращения.

Критериями прекращения пробы являются [5]:

* Достижение субмаксимальной ЧСС (85% от рассчитанной по возрасту и полу максимальной ЧСС);
* Появление новых НЛС или усугубление исходных;
* Мышечная усталость;
* Появление пресинкопальных состояний, тяжелого ангинального приступа;
* Высокая АГ (более 220/120 мм рт. ст.) или симптомная гипотония;
* Возникновение значимых нарушений ритма сердца: желудочковой тахикардии (ЖТ), частых одиночных или парных желудочковых экстрасистол (ЖЭС), симптомной фибрилляции предсердий (ФП).

При оценке региональной сократимости рекомендовано использовать 16- или 17-сегментарную модель ЛЖ, а также следующие условные обозначения для характеристики выраженности НЛС:

1 = Нормальная сократимость или гиперкинезия (систолическое увеличение толщины стенки ЛЖ более чем на 50%);

2 = Гипокинезия (систолическое утолщение менее 40%)

3 = Выраженная гипокинезия или акинезия (систолическое утолщение менее 10%);

4 = Дискинезия (парадоксальное систолическое движение стенки ЛЖ по направлению из центра ЛЖ);

5 = Аневризма (истончение стенки и диастолическая деформация полости ЛЖ).

В настоящее время при оценке выраженности НЛС не рекомендуется выделять отдельным пунктом аневризму ЛЖ [5; 64], однако, ее наличие должно быть отмечено ввиду влияния данной патологии на прогноз пациента и на проводимую терапию [65].

Большую роль в правильности интерпретации исследования играет подготовка специалиста, выполняющего Стресс-ЭхоКГ. Он должен иметь большой опыт выполнения трансторакальной ЭхоКГ (не менее 300 самостоятельных исследований), провести 50 нагрузочных проб под контролем супервайзера, а также в дальнейшем выполнять не менее 100 исследований в год. Также необходимы навыки неотложной помощи [5].

## Миокардиальная контрастная стресс-эхокардиография

## Ультразвуковые контрастные препарата в эхокардиографии

«Несмотря на высокую информативность, у 20-30% пациентов плохое качество визуализации не позволяет получить достоверную информацию о сократимости всех сегментов ЛЖ, что приводит к необходимости проведения других диагностических методов, в том числе более дорогостоящих и менее безопасных для пациентов [66; 67]. Решением этой проблемы стало внедрение в клиническую практику новых ультразвуковых контрастных препаратов (УКП), которые представляют собой взвесь микропузырьков инертного газа, заключенных в фосфолипидную или белковую оболочку. Эти микропузырьки при внутривенном введении проходят через микроциркуляторное русло легких и заполняют левые камеры сердца» [68; 72].

«К настоящему времени накоплен достаточно большой опыт проведения контрастных эхокардиографических исследований. Американское эхокардиографическое общество в 2018 году обновило рекомендации по клиническому применению УКП [69], а в 2020 г – рекомендации по

проведению Стресс-ЭхоКГ при ИБС [5], где также большая роль была отведена использованию УКП. В этих рекомендациях отражена высокая информативность метода, его прогностическое и экономическое значение при различных патологиях сердца, а также подтверждена безопасность УКП в различных группах пациентов» [72].

По данным крупного исследования EVAREST, в котором изучалось применение Стресс-ЭхоКГ в реальной врачебной практике в 30 госпиталях Англии, метод подтвердил свою высокую прогностическую роль в отношении развития неблагоприятных сердечных исходов в течение года наблюдения. Частота их напрямую зависела от выраженности индуцированной во время теста ишемии. При этом в 70 % случаев при Стресс-ЭхоКГ был использован УКП, решение о введении которого принимал врач при возникновении необходимости [70].

## Характеристика ультразвуковых контрастных препаратов

«Современные УКП представляют собой взвесь микропузырьков высокомолекулярного инертного газа (гексафторида серы или перфторпропана), покрытых эластичной оболочкой, состоящей из фосфолипидов или альбумина. Применение микропузырьков газа в качестве УКП базируется на их способности претерпевать объемную осцилляцию и стабильную кавитацию в ультразвуковом поле. Разница акустического импенданса между газом, заполняющим микропузырек, и окружающими его тканями обеспечивает усиление отраженного от таких пузырьков акустического сигнала.

Использование инертных газов, обладающих более низкой растворимостью и диффузной способностью, чем воздух, позволяет увеличивать продолжительность жизни микропузырьков после внутривенной инъекции. Стабильность структуры достигается путем инкапсуляции микропузырьков в липидную или протеиновую оболочку, которая играет роль барьера, уменьшающего внешнюю диффузию газа и поверхностное натяжение

микропузырьков» [71; 72]. «Поскольку фаза увеличения объёма больше фазы сжатия, продуцируемый микропузырьками сигнал (в отличие от сигнала от тканей) имеет нелинейный характер, что позволяет программному обеспечению с помощью специальных алгоритмов выделить его, подавляя в то же время сигнал от тканей» [72; 73].

«Для того, чтобы безопасно преодолевать капиллярные сосуды легких, не вызывая эмболию, размер микропузырьков не должен превышать размера эритроцитов. Микропузырьки, используемые в настоящее время, имеют диаметр от 1 до 6 мкм» [72; 74; 75].

«Безопасность современных УКП подтверждена большим количеством исследований [76; 77; 78; 79], в том числе у больных с внутрисердечными шунтами [80], лёгочной гипертензией и острым ИМ [81]. Микропузырьки газа не метаболизируются в почках или печени и выводятся из организма с дыханием в течение нескольких минут, что делает их самым безвредным контрастным веществом [78]. Тем не менее, в некоторых случаях эти частицы распознаются системой комплимента как инородные и фагоцитируются. Жизнеугрожающие случаи анафилактических реакций возникают у 1 из 10 тысяч пациентов, в связи с чем в арсенале лаборатории должны быть все необходимые средства для купирования подобных состояний. На сегодняшний день противопоказаниями для использования УКП являются аллергия на компоненты препарата, беременность и возраст менее 5 лет» [69; 72].

Существует два возможных варианта введения УКП: внутривенная инфузия или небольшие болюсы с последующим медленным введением физиологического раствора. Оба метода имеют как свои преимущества, так и недостатки.

Для проведения контрастного исследования (особенно при оценке перфузии миокарда) необходима определенная интенсивность сигнала, которая достигается, когда концентрация УКП начинает снижаться. При непрерывной инфузии возможно создание относительно длительного периода

времени, в течение которого концентрация УКП стабильно удерживается на необходимом уровне. Однако, это приводит к бо′льшему расходу УКП и требует применения специализированного оборудования.

При болюсном введении концентрация УКП быстро нарастает и быстро снижается, в связи с чем эффективное окно, в течение которого интенсивность сигнала находится на необходимом уровне, довольно узкое, что может несколько осложнять проведение исследования. Тем не менее, этот способ введения наиболее легок в исполнении, не требует дополнительного оборудования и подходит для решения большинства диагностических задач [6].

## Оценка локальной сократимости миокарда при миокардиальной контрастной стресс-эхокардиографии

Локальная сократимость ЛЖ является основным параметром, оцениваемым при Стресс-ЭхоКГ. Однако, для нее характерна относительно невысокая межоператорская воспроизводимость, обусловленная субъективностью метода и качеством визуализации сердца. При проведении многоцентровых исследований группой авторов под руководством Rainer Hoffmann было показано, что применения УКП повышает согласие между специалистами [82], а также увеличивает чувствительность и специфичность двухмерной (2D) и трехмерной (3D) ЭхоКГ в оценке локальной сократимости ЛЖ [83]. В качестве «золотого стандарта» в обоих исследованиях использовалась МРТ сердца.

## Качественная оценка перфузии миокарда

«Немаловажным фактором, приводящим к повышению информативности МКстресс-ЭхоКГ, является возможность раннего обнаружения субэндокардиальной ишемии, проявляющейся снижением перфузии миокарда, в том числе при нормальной сократимости в этой области [9; 86; 92; 93; 94]. В участке миокарда, подвергающемся ишемии, происходит каскад реакций, в котором снижение перфузии предшествует появлению нарушений сократительной функции. Таким образом, снижение перфузии миокарда могут обнаруживаться до появления НЛС или при их отсутствии [95]. Для качественной оценки перфузии миокарда используется ряд коротких ультразвуковых импульсов с высоким МИ («Flash» с МИ = 0,8-1,2). Эти высокоэнергетические импульсы разрушают микропузырьки, которые находятся в микрососудистом русле миокарда, за счет чего миокард визуально становится темным, а полость ЛЖ остается контрастированной. Оценка перфузии проводится на основании повторного накопления УКП в миокарде из полости ЛЖ. В норме повторное заполнение миокарда контрастным веществом после его деструкции должно происходить менее чем за 5 секунд в покое и менее чем за 2 секунды во время нагрузки. Замедленное заполнение свидетельствует о нарушении перфузии в этой области [69].

## Количественная оценка перфузии миокарда

«При использовании специальных программ возможен количественный анализ скорости заполнения микроциркуляторного русла миокарда контрастным веществом в покое и во время нагрузки с расчетом резерва миокардиального кровотока. В одной из недавно опубликованных работ продемонстрировано дополнительное прогностическое значение этого показателя в сравнении с качественной оценкой перфузии и сократимости [108].

Для количественной оценки перфузии миокарда были разработаны специальные подходы, основанные на измерении двух показателей перфузии: количества единиц, активно перфузирующихся через микроциркуляторное русло в любой момент времени (микрососудистый объем крови – МОК) и скорости потока крови через эти микрососудистые единицы [109]. Измерение этих параметров проводится после разрушения микропузырьков импульсом с высоким МИ (>0,8), что позволяет количественно оценить скорость повторного заполнения микрососудистого русла миокарда контрастным препаратом. Эту процедуру наиболее предпочтительно проводить с использованием непрерывной инфузии УКП, чтобы достичь стабильной концентрации микропузырьков в пуле крови. Небольшие болюсы УКП с последующим введением физиологического раствора также могут создавать период времени после каждой инъекции, когда концентрация контрастного препарата равномерна, позволяя проводить количественный анализ перфузии [110; 111]. Однако, технически выполнить данную методику при помощи болюсного введения контрастного препарата сложнее. Проводить анализ рекомендуется в конце систолы (для устранения сигнала от миокардиальных сосудов) [112; 113].

## Методика проведения миокардиальной контрастной стресс- эхокардиографии

«Протокол МКстресс-ЭхоКГ принципиально не отличается от обычного, используемого при стандартной Стресс-ЭхоКГ. Введение препарата с последующей записью изображений для оценки сократимости осуществляется исходно и на пике нагрузки, а также при необходимости – на одной из промежуточных ступеней и в периоде восстановления. Если в протокол включена оценка перфузии миокарда, то это делается исходно и в течение 1,5 мин после прекращения нагрузки. Предпочтительна запись стабильных изображений во время задержки дыхания [69].

Подготовка специалиста включает в себя обучение методике в крупных центрах с большим опытом подобных исследований. Для самостоятельной практики необходимо выполнить 100 исследований под контролем супервайзера, и в дальнейшем проводить не менее 50 подобных исследований в год» [6; 72].

Основные рекомендации по проведению МКстресс-ЭхоКГ приведены в таблице № 1.

**Таблица 1. Рекомендации Американского общества эхокардиографии по проведению миокардиальной контрастной стресс-эхокардиографии [5].**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рекомендации для проведения МКстресс-ЭхоКГ | Классрекомендаций | Уровеньдоказательности |
| * Показанием для использования УКП при СЭ является плохая визуализация 2 и более смежных сегментов ЛЖ или бассейна какой- либо КА
* Для оценки сократимости миокарда режим с очень низким МИ (< 0,2) более предпочтителен, чем режим с низким МИ (< 0,3)
* Оценку локальной сократимости миокарда необходимо сочетать с качественной оценкой перфузии, основанной на анализе повторного накопления УКП в микрососудистом русле миокарда после его разрушения короткими импульсами с высоким МИ ( > 0,8)
 | IIIIa | BВВ |

**Примечание:** УКП – ультразвуковой контрастный препарат; Стресс-ЭхоКГ - стресс- эхокардиография; МКстресс-ЭхоКГ – миокардиальная контрастная стресс- эхокардиография; ЛЖ – левый желудочек; КА – коронарная артерия; МИ – механический индекс.

Несмотря на высокую информативность, МКстресс-ЭхоКГ остается субъективным методом, сильно зависящим от опыта и квалификации специалиста. В связи с этим большое значение имеет развитие методов количественной оценки ишемии миокарда. К таким методам относится спекл- трекинг эхокардиография (СТЭ), позволяющая оценивать деформацию миокарда ЛЖ.

## Спекл-трекинг эхокардиография

## Деформация миокарда

Технология СТЭ в настоящее время является методом выбора для выявления субклинической дисфункции сердечной мышцы [115]. Метод основан на анализе движения так называемых спеклов (speckle) - черных или белых пятен, возникающих в результате взаимодействия ультразвука с тканью миокарда. Специализированное программное обеспечение способно идентифицировать спеклы и отслеживать их кадр за кадром в течение сердечного цикла, определяя расстояние и скорость, с которым перемещается пятно. По движению спеклов получают данные о деформации миокарда в различных направлениях: удлинение, укорочение и утолщение. Под деформацией или стрейном (strain) понимают изменение длины мышечного волокна в течение сердечного цикла, измеряемое в процентах (%). Продольная деформация представляет собой изменение длины мышечного волокна вдоль длинной оси ЛЖ, циркулярная – вдоль поперечной оси ЛЖ, радиальная – перпендикулярно длинной оси по направлению к центру полости ЛЖ. Продольная и циркулярная деформации выражаются отрицательным значением стрейна, радиальная – положительным значением [116]. Программное обеспечение способно вычислять величину деформации в указанных выше направлениях, а также строить кривые деформации и скорости деформации (Strain rate) [11].

В настоящее время для оценки функции миокарда ЛЖ используют показатель глобального продольного стрейна (ГПС, global longitudinal strain), который определяется в 17 или 18 сегментах ЛЖ из стандартных апикальных позиций и выражается в виде так называемого «бычьего глаза» [117; 118].

## Спекл-трекинг эхокардиография при оценке преходящей ишемии миокарда.

Показатели деформации миокарда являются чувствительными маркерами ишемии и могут быть полезны при количественной оценке НЛС, в связи с чем СТЭ может применяться при Стресс-ЭхоКГ. Продольная деформация имеет более высокую диагностическую ценность в обнаружении ишемии миокарда, чем циркулярная и радиальная, так как продольные волокна ориентированы в основном субэндокардиально, следовательно, они более восприимчивы к недостатку кровообращения [12]. Большинство клинических исследований, изучавших СТЭ при Стресс-ЭхоКГ, продемонстрировали, что продольный стрейн изменяется раньше, чем радиальный [122].

## Комбинация миокардиальной контрастной стресс-эхокардиографии и спекл-трекинг эхокардиографии

В течение длительного времени применение УКП при СТЭ не изучалось, поскольку предполагалось, что микропузырьки, заполняющие микроциркуляторное русло миокарда, делают невозможным для программного обеспечения отслеживание спеклов. Однако, с 2015 г. начали появляться исследования, демонстрирующие обратное.

Zoppellaro и соавт. показали возможность использования данной технологии при МКстресс-ЭхоКГ, если выбирать для анализа сердечный цикл, следующий сразу после применения короткого импульса с высоким МИ («Flash»). В результате разрушения УКП, находящегося в микрососудистом русле миокарда при относительной устойчивости микропузырьков, заполняющих полость ЛЖ, эндокардиальная граница становится четко очерченной, позволяя программному обеспечению с высокой точностью отслеживать спеклы. При этом, авторы продемонстрировали, что введение УКП значительно увеличивает

количество сегментов, пригодных для количественной оценки деформации, а комбинация двух методов снижает вариабельность интерпретации результатов исследования [16].

Таким образом, целесообразность комбинации двух методов остается спорной темой, ввиду ограниченного количества литературных данных. Тем не менее, комбинированный метод имеет перспективы для дальнейшего изучения. К примеру, представляет интерес применение данного метода у пациентов с «пограничными» стенозами КА. Диагностика ишемии у таких пациентов довольно часто вызывает трудности, так как в большинстве случаев

«пограничные» стенозы не являются гемодинамически значимыми [19; 20; 21], или проявляются довольно умеренной ишемией, которую легко пропустить, особенно у пациентов с плохим качеством визуализации. Возможность использования метода, который позволяет одновременно оценивать сократимость, перфузию, а также деформацию миокарда, может значительно снизить вероятность ошибки при интерпретации результатов.

Помимо того, комбинированный метод в перспективе можно использовать при выборе тактики лечения у пациентов со стабильной ИБС. Так как у данной группы пациентов чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) не показало значимых преимуществ над оптимальной медикаментозной терапией (ОМТ) в снижении риска сердечно-сосудистых событий и смерти от всех причин [133], подходить к отбору пациентов для инвазной тактики лечения стоит аккуратно. СТЭ может стать дополнительным критерием, позволяющим количественно оценить выраженность ишемии миокарда и степень систолической дисфункции ЛЖ при отборе пациентов для ЧКВ.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Perk J., De Backer G., Gohlke H. et al. European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR); // Eur Heart J. – 2012 – Vol. 33 – № 13. – P. 1635-1701.
2. Virani S.S., Alonso A., Benjamin E.J. et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. // Circulation – 2020 – Vol. 141 – № 9. – P. e139-e596.
3. Knuuti J., Wijns W., Saraste A. et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC) // Eur Heart J – 2020. – Vol. 41 - № 3. – P. 407- 477.
4. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization // Eur Heart J. – 2019 – Vol. 40 – № 2. – P. 87-165.
5. Pellikka P.A., Arruda-Olson A., Chaudhry F.A. et. al. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography // J Am Soc Echocardiogr – 2020 – Vol. 33 – № 1. – P. 1-41.e8.
6. Senior R., Becher H., Monaghan M. et al. Clinical practice of contrast echocardiography: recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017 // Eur Heart J Cardiovasc Imaging – 2017 – Vol. 18 – № 11. – P. 1205-1205af.
7. Plana J.C., Mikati I.A., Dokainish H. et al. A randomized cross-over study for evaluation of the effect of image optimization with contrast on the diagnostic accuracy of dobutamine echocardiography in coronary artery disease The OPTIMIZE Trial // JACC Cardiovasc Imaging – 2008 – Vol. 1 – № 2. – P. 145-152.
8. Medical Advisory Secretariat. Stress echocardiography with contrast for the diagnosis of coronary artery disease: an evidence-based analysis // Ont Health Technol Assess Ser – 2010 – Vol. 10 – № 10. – P. 1-59.
9. Porter T.R., Smith L.M., Wu J. et al. Patient outcome following 2 different stress imaging approaches: a prospective randomized comparison // J Am Coll Cardiol. – 2013 – Vol. 61 – № 24. – P. 2446-2455.
10. Thomas D., Xie F., Smith L.M. et al. Prospective randomized comparison of conventional stress echocardiography and real-time perfusion stress echocardiography in detecting significant coronary artery disease // J Am Soc Echocardiogr. – 2012 – Vol. 25 – № 11. – P. 1207-14.
11. Bansal M., Kasliwal R.R. How do I do it? Speckle-tracking echocardiography

// Indian Heart J. – 2013 – Vol. 65 – № 1. – P. 117-123.

1. Ng A.C., Sitges M., Pham P.N. et. al. Incremental value of 2-dimensional speckle tracking strain imaging to wall motion analysis for detection of coronary artery disease in patients undergoing dobutamine stress echocardiography // Am Heart J. – 2009 – Vol. 158 – № 5 – P. 836-844.
2. Rumbinaitė E., Žaliaduonytė-Pekšienė D., Vieželis M. et. al. Dobutamine- stress echocardiography speckle-tracking imaging // Medicina (Kaunas). – 2016 – Vol. 52 – № 6 – P. 331-339.