

ТРИВОЖЕНКО А. Б.¹, ЯРОЩУК С. А.²,
СТРУЧКОВ П. В.²

Сравнительная эффективность велоэргометрической стресс-эхокардиографии и коронародопплерографии в диагностике скрытой коронарной недостаточности

¹ Сибирский федеральный научно-клинический центр ФМБА; 636070, ул. Мира д. 4,

г. Северск, Томская область, Россия

² Институт повышения квалификации ФМБА; 125371, Волоколамское шоссе д. 91,

г. Москва, Россия

e-mail: borisah@yandex.ru

Реферат

Введение. Современные ангиографические и стрессовые ультразвуковые технологии обладают большими возможностями в диагностике скрытой коронарной недостаточности.

Цель — сравнить чувствительность и специфичность велоэргометрической стресс-ЭхоКГ, доплерографии коронарных артерий и комбинированного метода в диагностике гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий.

Материал и методы исследования. Обследованы две группы пациентов: 35 человек с более 50 % стенозами коронарных артерий и 39 человек с ангиографически неизменными сосудами. Каждому пациенту выполнялась доплерография коронарных артерий и стресс-ЭхоКГ. Проводился ROC-анализ чувствительности и специфичности каждого метода и комбинированной технологии в диагностике общей ИБС, передней нисходящей артерии, правой коронарной артерии.

Результаты исследования. Доплеровский метод продемонстрировал чувствительность 77 %, специфичность 97 %, для ПНА — 81 и 97 %, для ПрКА — 50 и 98 %. Стресс-ЭхоКГ показала чувствительность 83 %, специфичность 95 %, для ПНА — 89 и 95 %, для ПрКА — 63 и 98 %. Комбинированная методика продемонстрировала чувствительность 93 %, специфичность — 95 %. Для ПНА — 96 и 94 %, для ПрКА — 75 и 98 %. Комбинированная методика обладает повышенной чувствительностью за счет выявления нагрузочных нарушений локальной сократимости миокарда у пациентов с нераспознанными стенозами КА, а также за счет выявления сосудистых сужений у лиц с хорошо развитой компенсацией дефицита кровотока по измененному сосуду.

Ключевые слова: ИБС, скрытая коронарная недостаточность, доплерография коронарных артерий, стресс-эхокардиография.

Введение

Современные ультразвуковые технологии позволяют с высокой точностью выявлять скрытую коронарную недостаточность (СКН), определять распространенность ишемии миокарда и прогнозировать развитие ИБС [1, 5, 6]. Более 30 лет стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) с физической нагрузкой успешно используется для идентификации транзиторных нарушений региональной перфузии сердечной мышцы и обладает достаточно высокой чувствительностью в детекции коронарных стенозов [9, 11, 12].

Появившаяся относительно недавно ультразвуковая методика исследования венечных артерий с использованием доплеровских технологий развивается не менее успешно и предоставляет возможность регистрации гемодинамических сдвигов в местах сужений тех или иных сегментов коронарного русла [3, 4, 12]. Однако чувствительность данного ангиографического метода в дефиниции артериальных стенозов мало изучена, а в редких публикациях просматриваются весьма разноречивые сведения [4, 7, 13].

Каждое из перечисленных диагностических направлений обладает своими преимуществами и имеет недостатки. Общеизвестно, что ложные результаты стресс-ЭхоКГ нередко фигурируют у пациентов с хорошо развитым коллатеральным кровообращением левого желудочка (ЛЖ) и повышенной устойчивостью сердечной мышцы к состоянию гипоксии [10]. Ультразвуковая доплерография коронарных артерий (УЗДКА), в свою очередь, характеризуется многочисленными техническими сложностями и малым количеством сегментов, доступных для визуализации [4, 14]. Более того, оба метода в той или иной степени подвержены контекстным уклонам: их результаты зависят от качества и типа используемой аппаратуры, квалификации оператора, состояния «акустических окон», а также индивидуальных антропометрических особенностей обследуемых пациентов.

Так какая же методика является предпочтительной для идентификации СКН — ангиографическая или стрессовая? Для каких сосудистых бассейнов представляется целесообразным применение того или иного метода? Какие обстоятельства определяют точ-

ность стресс-ЭхоКГ, а какие - УЗДКА? Для получения ответов на эти вопросы мы провели сравнительное исследование диагностической надежности данных технологий в специально отобранной когорте пациентов с априорно проанализированным состоянием коронарного русла по данным рентгеноконтрастной ангиографии (КАГ).

Цель исследования заключалась в сравнительном определении чувствительности и специфичности велоэргометрической стресс-ЭхоКГ, УЗДКА, а также комбинированного ультразвукового метода в диагностике гемодинамически значимых (более 50 %) стенозов коронарных артерий (КА).

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели были обследованы 74 человека, 47 мужчин и 27 женщин, в возрасте от 38 до 74 лет (среднее — 55,7±8,8). В данной совокупности 35 пациентов (24 мужчины и 11 женщин), составивших первую группу, имели гемодинамически значимые стенозы КА, при этом у 27 больных были поражены передние нисходящие артерии (ПНА), у 8 — правые коронарные артерии (ПрКА). Вторая группа пациентов, состоящая из 39 обследуемых лиц (23 мужчин и 16 женщин), характеризовались ангиографически неизменными венечными сосудами, или атеросклеротические поражения сосудистых стенок не имели гемодинамического значения (редуцировали просветы КА менее чем на 50 %).

Таким образом, по данным КАГ, распространенность СКН в когорте составила 47 %. Боли в грудной клетке различной интенсивности и локализации присутствовали у 55 человек, одышка при физической нагрузке регистрировалось у 21 пациента, артериальной гипертонией I степени страдали 26 обследуемых, II степени — 21. Изменения конечной части желудочкового комплекса на ЭКГ в виде неглубокой, до 0,1 мВ, депрессии сегмента ST или слабоотрицательных T в состоянии покоя присутствовали 25 у пациентов, полная блокада правой ножки пучка Гиса — у 4, а левой — у 2 человек, редкая желудочковая экстрасистолия наблюдалась у 15 обследуемых, а суправентрикулярная — у 12. Кроме этого, у 33 пациентов в процессе экспресс-исследования сосудистых стенок сонных и бедренных артерий были обнаружены признаки системного атеросклероза. Индивидуальные особенности обследуемых лиц, а также данные ЭхоКГ в группах пациентов по результатам КАГ представлены в таблице 1.

Генеральным критерием включения пациентов в исследование была изначально проведенная КАГ, диагностический уклон обзора нивелировался за счет сокрытия данных референтного метода верификации заболевания от оператора, выполняющего стресс-ЭхоКГ и УЗДКА. Пациенты с недостаточностью кровообращения II и более функционального класса по NYHA, серьезными нарушениями ритма, болезнями клапанного аппарата, обследуемые, перенесшие крупноочаговые инфаркты миокарда с резидуальными нарушениями локальной сократимости (НЛС),

Характеристика обследуемых лиц

Таблица 1

Особенность	I группа n= 35 (существенные стенозы КА)		II группа n= 39 (стенозы КА отсутствуют)	
	количество	%	количество	%
Боли в грудной клетке	29	83	29	74
Одышка	15	43	6	15
Артериальная гипертония	27	77	20	51
Гиперлипидемия	30	86	15	38
Изменения ST-T на ЭКГ в покое	16	45	9	23
Редкая желудочковая экстрасистолия	9	26	6	15
Наджелудочковая экстрасистолия	5	14	7	18
Атеросклеротические бляшки в сонных/бедренных артериях	24	68	9	23
Минимальная гипертрофия левого желудочка	14	40	14	35
Умеренная гипертрофия левого желудочка	6	17	2	5
Минимальная дилатация левого предсердия	21	60	19	48
Кальцификаты в створках Ао-клапана	8	23	4	10
Незначительная митральная регургитация	10	28	12	30
Пролонгированная релаксация ЛЖ	26	74	21	53
Давление заклинивания более 15 мм рт. ст.	10	28	3	7

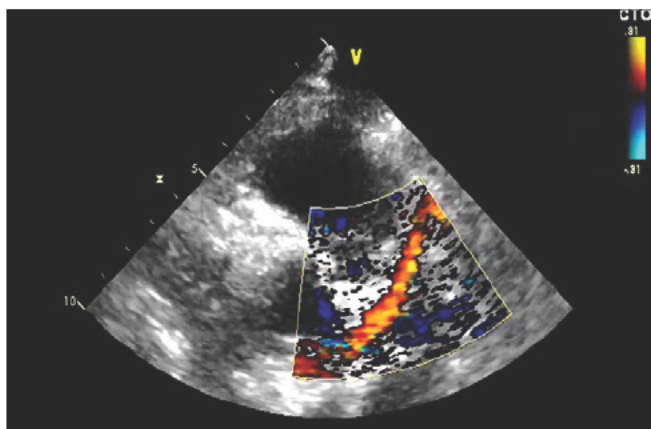


Рис. 1. Визуализация проксимального сегмента ПНА

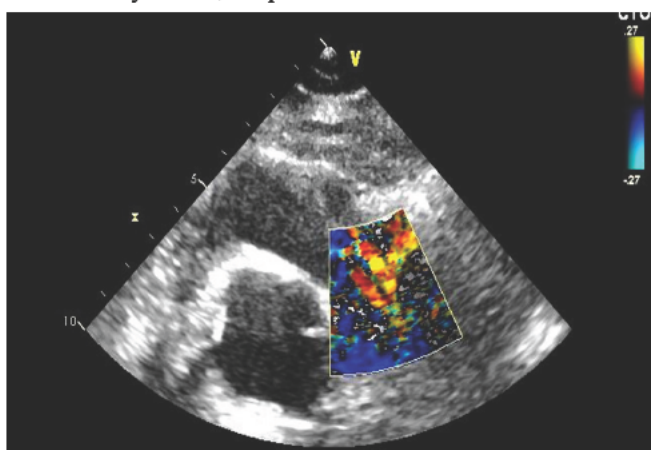


Рис. 2. Визуализация главного разветвления ПНА

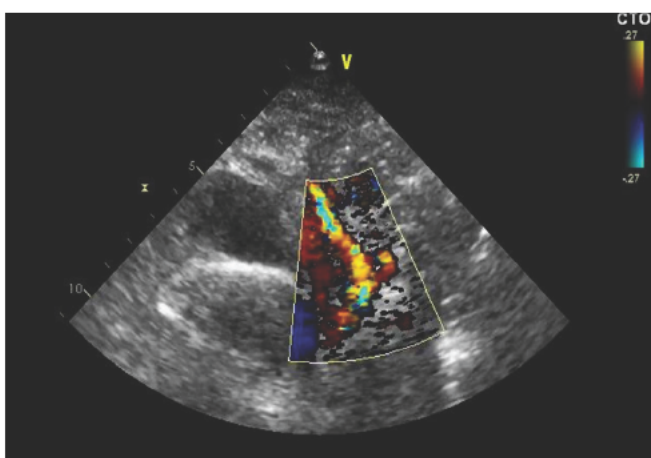


Рис. 3. Визуализация медиального сегмента ПНА

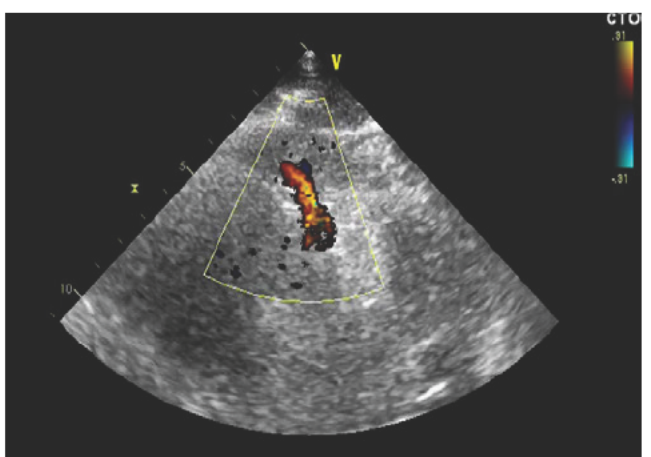


Рис. 4. Визуализация дистального сегмента ПНА

лица с неадекватной трансторакальной визуализацией сердечных структур, а также больные с абсолютными противопоказаниями для велоэргометрии (ВЭМ) в настоящее исследование не включались.

Каждому пациенту одномоментно последовательно проводились ЭхоКТ, УЗДКА и ВЭМ-стресс-ЭхоКТ по нижеследующему алгоритму.

Первоначально проводилась ЭхоКТ с измерением стандартных морфометрических параметров камер сердца и магистральных сосудов, оценкой структуры и функции клапанов, определением локальной и глобальной сократимости левого и правого желудочков, а также их диастолической функции [6]. Далее осуществлялось исследование венечных артерий, в позициях, отображающих переднюю и заднюю межжелудочковые борозды, при использовании гармонических режимов и увеличении зоны интереса.

Для наиболее корректного проведения УЗДКА выполнялась специальная настройка цветовой доплеровской карты: устанавливался низкий предел Найквиста, не превышающий 30 см/с, высокая степень сглаживания пикселей, повышенная чувствительность и усиление. Внимание оператора фокусировалось на поиске турбулентности и ускорений кровотока [4, 12, 14]. Диагностическая процедура начиналась с осмотра левой КА и ее ветвей в переднем сегменте левой атриовентрикулярной борозды и в передней межжелудочковой борозде с применением модифицированных парастеральных короткоосевых сечений, а также промежуточных сечений между парастеральным длинноосевым и апикальным двухкамерным [7].

Проксимальный сегмент ПНА, огибающий легочный ствол и переходящий на переднюю поверхность сердца, осматривался в гиперэхогенной соединительнотканной клетчатке, находящейся спереди легочной магистрали (рис. 1). Главное разветвление ПНА — отхождение первой диагональной артерии исследовалось в той же позиции, но при существенном «заострении» угла плоскости сканирования (рис. 2). Оценка медиального сегмента ПНА выполнялась при перемещении апертуры датчика парастерально книзу, отступив от грудины влево и направив плоскость сканирования вправо для осмотра переднего эпикарда между левым и правым желудочками, анатомическим ориентиром для поиска данной части сосуда выступала проекция внутренней (перегородочной) части выносящего тракта правого желудочка (рис. 3). Дистальный сегмент ПНА исследовался в позиции, близкой капикулярной двухкамерной, ориентирами для его осмотра служила верхушка сердца (рис. 4).

Правая КА, отходящая от правого синуса Вальсальвы, визуализировалась в парастеральной позиции (рис. 5). Медиальный и дистальный сегменты данного сосуда оценивались в промежуточной позиции между парастеральной короткоосевой и апикальной двухкамерной, при этом плоскость сканирования направлялась в заднюю базальную поверхность сердца. Анатомическим ориентиром служила достаточно широкая задняя сердечная вена, которая при цветовом картировании окрашивалась синим цветом. В гиперэхогенной соединительнот-

канной клетчатке эпикарда задней межжелудочковой борозды, латеральное сердечной вены выполнялся поиск средней части правой КА (рис. 6). Терминальная ветвь правой КА — задняя межжелудочковая артерия исследовалась в позиции, близкой к апикальной двухкамерной. Ориентиром для ее визуализации служил эпикард в проекции задних и заднесептальных сегментов левого желудочка (рис. 7).

Диагностика стенозов КА в цветовом доплеровском исследовании основывалась на выявлении элайзинг-эффекта (локального многоцветия), а в спектральном — на регистрации jet-феномена (локального ускорения кровотока в месте сужения). Гемодинамически значимыми признавались стенозы КА, характеризующиеся увеличением пиковой скорости кровотока в два раза и более по сравнению с престенозическим спектром (рис. 8).

Далее выполнялась стресс-ЭхоКГ в виде субмаксимальной ВЭМ по стандартному протоколу, в вертикальном положении пациента [1, 9, 10]. Пробная нагрузка для мужчин моложе 60 лет составляла 50 Вт с последующим увеличением каждые 3 мин на первоначальную мощность. У женщин, а также у мужчин старше 60 лет нагрузка инициировалась с 30 Вт и возрастала аналогично. При выполнении ВЭМ соблюдались все правила и меры предосторожности, разработанные для тестов с физической нагрузкой. Проба немедленно прекращалась при появлении жалоб у пациента или в случае его отказа от дальнейшего исследования [2]. Оценка локальной сократимости осуществлялась в модифицированных для стресс-ЭхоКГ парастеральных короткоосевых сечениях ЛЖ при использовании дуплексного серошкального режима (двумерного и «анатомического» М-модального). Критерием наличия СКН признавалось появление транзиторных НЛС в виде классической гипокинезии и (или) гипоперфузионных постсистолических смещений (ПСУ) эндокарда и субэндокардиального миокарда [8] (рис. 9). При затруднениях визуализации, обусловленных нагрузочной гипервентиляцией и гиперкинезом пациента, вращение педалей эргометра кратковременно приостанавливалось и задерживалось дыхание обследуемого на 2–3 секунды для захвата нескольких кардиоциклов в память компьютера. Данный маневр выполнялся в «контрольных точках», т. е. в конце каждой нагрузочной ступени, при этом пациент разгибался и отводил левую руку в сторону [1].

Все исследования проводились в первой половине дня, одним экспертом, после отмены «коронарных» препаратов, права пациентов обеспечивались разъяснением цели и задач предстоящего испытания, указывались преимущества комплексного метода диагностики СКН и возможные осложнения ВЭМ, наиболее значимые аспекты были изложены в протоколе информированного согласия. Аппаратное оснащение включало ультразвуковой сканер экспертного класса GE Healthcare VIVIDЕ 9 с интегрированными кардиологическими и коронарными программами, оснащенный конвергентным датчиком M5S-D, а также компьютерный электрокардиограф «Альтон 06» и велоэргометрический комплекс Tunturi E35.

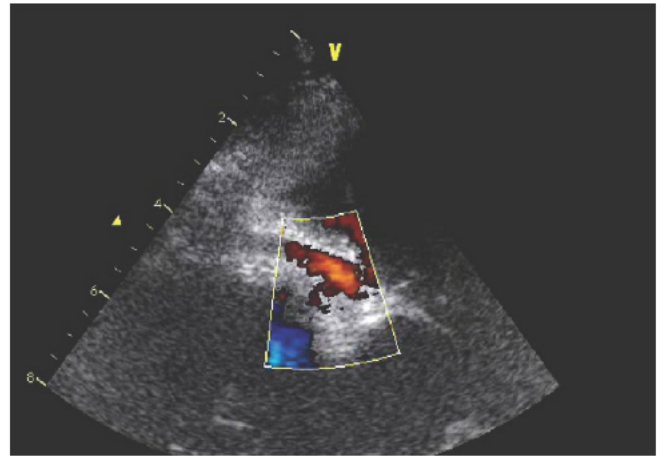


Рис. 5. Визуализация проксимального сегмента ПрКА

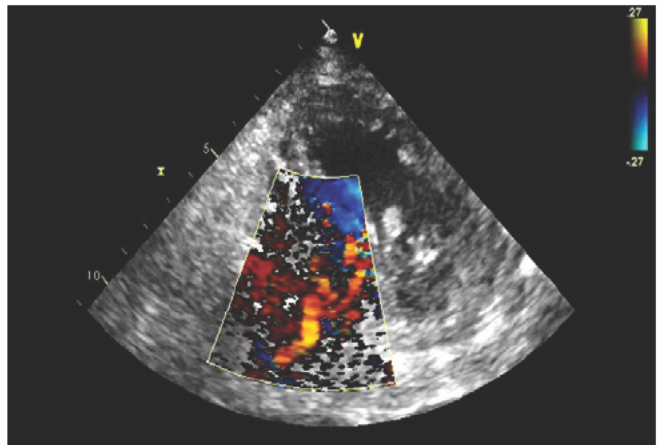


Рис. 6. Визуализация медиального сегмента ПрКА

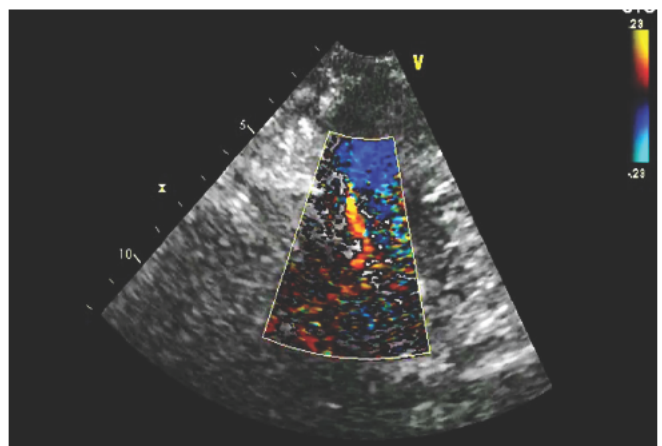


Рис. 7. Визуализация дистального сегмента ПНА (задняя межжелудочковая ветвь)

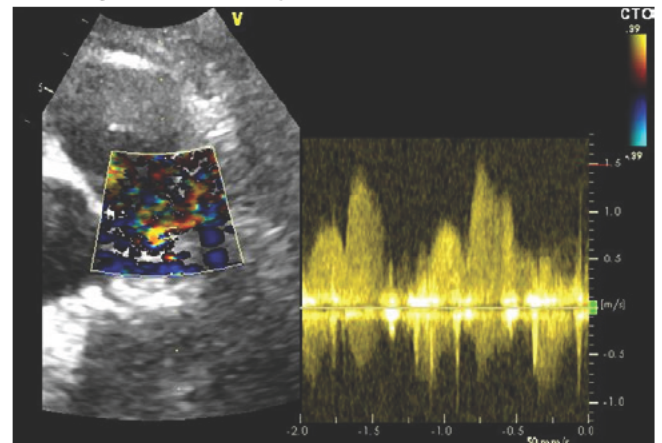


Рис. 8. Стенотический кровоток в ПНА (локальный гемодинамический сдвиг)

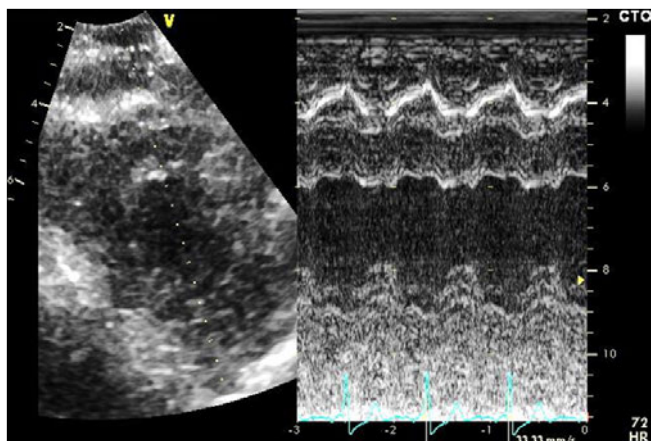


Рис. 9. Гипокинезия, гипоперфузионные ПСУ переднего сегмента на уровне верхушки

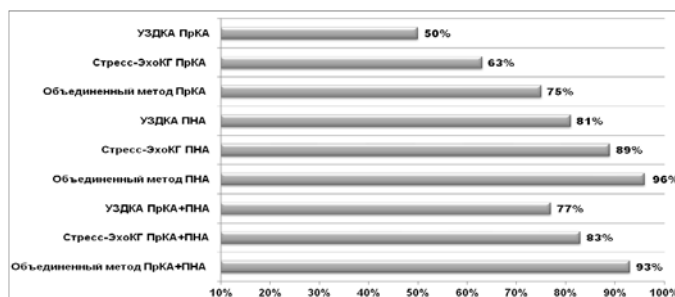


Рис. 10. Локальная и общая чувствительность доплерографии КА, стресс-ЭхоКГ и объединенной ультразвуковой методики в диагностике скрытой коронарной недостаточности

Статистическая обработка результатов исследования выполнялась с применением программы «MedCalc». Структурная группировка пациентов осуществлялась по атрибутивным признакам. Данные представлялись с указанием генеральных средних и стандартных отклонений ($M \pm SD$). Проверка гипотезы о различии двух независимых выборок (при условии равенства дисперсий и симметричного распределения переменных) осуществлялась с использованием дисперсионного анализа. Из непараметрических методов определения различий применялся U-критерий Манна-Уитни.

Показатели диагностической надежности того или иного метода диагностики ИБС вычислялись в процессе ROC-анализа. Площадь под кривой (AUC) соответствовала диагностической точности теста: чем ближе значение AUC оказывалась к 1, тем надежнее признавался тот или иной критерий диагностики СКН. Чувствительность и специфичность представлялись с 95 %-ми доверительными интервалами (95 % ДИ). В каждом случае рассчитывался уровень статистической значимости (p), «нулевые гипотезы» отвергались при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Осуществить полноценное исследование ПНА удалось у 73 пациентов, выполнимость составила 98 %, ПрКА была визуализирована у 51 человека, выполнимость составила 68 %. В группе пациентов без существенных стенозов КА скорость кровотока в проксимальных сегментах ПНА измерялась в

пределах от 25 до 45 см/с (среднее — $35,8 \pm 5$), в дистальных — от 25 до 65 см/с (среднее — $27,7 \pm 8,1$), в проксимальных сегментах ПрКА — от 25 до 42 см/с (среднее — $31,6 \pm 4,8$), а в дистальных — от 18 до 28 (среднее — $21,34 \pm 9,1$). Пиковые скорости кровотока в проксимальных сегментах ПрКА и ПНА статистически не различались, а в дистальных сегментах было обнаружено, что в ПрКА кровоток оказался достоверно ниже, чем в ПНА ($p < 0,001$). На протяжении артерий во всех случаях присутствовал физиологический демпинг кровотока, закономерный для артериального русла. В одном наблюдении, у мужчины 45 лет, был зарегистрирован локальный гемодинамический сдвиг с 35 до 65 см/с в дистальном сегменте ПНА, анализ показал, что причиной увеличения числа Рейнольдса был «мышечный мостик», создающий незначительное экстравазальное (туннельное) сдавливание сосуда. Данный случай был отнесен к ложноположительному (ЛП) выявлению стеноза КА, а в процессе последующей стресс-ЭхоКГ признаков СКН обнаружено не было.

В группе пациентов с существенными стенозами КА элайзинг-эффект, сопровождающийся локальными гемодинамическими сдвигами, был выявлен в 27 (77 %) наблюдениях. Ложноотрицательные (ЛО) результаты присутствовали в 9 наблюдениях и были обнаружены у 5 человек с поражением ПНА (18,5 % в данной подгруппе), а также у 4 больных с поражением ПрКА (50 % в другой подгруппе), при этом лишь в двух случаях из этих 4 наблюдений технически не удалось визуализировать саму правую артерию. Пиковая скорость диастолического кровотока в местах сужений составила от 50 до 115 см/с (среднее — $72,7 \pm 16,6$), непараметрический метод Манна-Уитни не показал статистически достоверных отличий между сдвигами в ПНА и ПрКА.

ROC-анализ диагностической точности УЗДКА в диагностике СКН продемонстрировал AUC = 0,87 (95 % ДИ 0,77–0,93), чувствительность — 77 % (95 % ДИ 60–89), специфичность — 97 % (95 % ДИ 86–98). Оценка надежности выявления сужений ПНА показала AUC — 0,89 (95 % ДИ 0,80–0,95), чувствительность — 81 % (95 % ДИ 62–93), специфичность — 97 % (95 % ДИ 89–98). Метод доплеровского изучения стенозов в ПрКА оказался менее точным, AUC составила 0,75 (95 % ДИ 0,55–0,77), чувствительность достигла всего 50 % (95 % ДИ 16–83), при 98 % (95 % ДИ 92–99) специфичности.

Стресс-ЭхоКГ с получением диагностически значимых результатов удалось провести всем пациентам, при этом серьезных осложнений ВЭМ зарегистрировано не было.

В группе условно здоровых лиц исходная ЧСС измерялась в пределах от 55 до 100 в мин (среднее — $76 \pm 11,6$), систолическое артериальное давление (САД) — от 100 до 170 мм рт. ст. (среднее — 125 ± 16), а двойное произведение (ДП) — от 60 до 150 (среднее — $95 \pm 20,4$). На пике пробы ЧСС достигла диапазона 130–160 в мин (среднее — 146 ± 8), САД — 130–200 мм рт. ст. (среднее — 170 ± 19), ДП — 170–305 (среднее — 250 ± 33). В процессе выполнения пробы у 6 (16 %) человек появилась редкая желудочковая и/или

суправентрикулярная экстрасистолия, у троих — изменения конечной части желудочкового комплекса на ЭКГ, а у одного — боли в прекардиальной области. Транзиторной сегментарной гипокинезии ЛЖ ни в одном случае не развилось, а гипоперфузионные ПСУ были зарегистрированы лишь у двоих человек, что позволило отнести данные наблюдения к ЛП результатам стресс-ЭхоКГ.

В группе пациентов с гемодинамически значимыми стенозами КА исходная ЧСС регистрировалась в пределах от 60 до 100 в мин (среднее — $79 \pm 11,2$), САД — от 110 до 160 мм рт. ст. (среднее — 130 ± 15), а ДП — от 71 до 135 (среднее — 103 ± 19). На пике пробы параметры сердечной деятельности были закономерно ниже, чем в группе здоровых лиц, ЧСС достигла диапазона 85–155 в мин (среднее — 127 ± 21), САД — 130–240 мм рт. ст. (среднее — 175 ± 30), ДП — 117–340 (среднее — 224 ± 62). Нарушения ритма в виде нечастой экстрасистолии появились у 14 (39 %) пациентов, депрессия сегмента ST на ЭКГ — у 17 (47 %) обследуемых лиц, а боли в грудной клетке — у 7 (20 %) обследуемых. Динамическая гипокинезия развилась в 19 (53 %) наблюдений, а гипоперфузионные ПСУ — в 21 (58 %), необходимо отметить, что у 13 пациентов присутствовали оба вида НЛС (ПСУ трансформировались в гипокинезию).

У 6 пациентов с гемодинамически значимыми стенозами по данным КАГ в процессе стресс-ЭхоКГ региональная сократимость миокарда не нарушалась, напротив, наблюдалась гиперкинезия ЛЖ с полноценным увеличением интегральной систолической функции. Среди ЛО результатов стресс-ЭхоКГ в 3 наблюдениях существенные сужения присутствовали в ПрКА, а в 3 — в ПНА.

ROC-анализ точности стресс-ЭхоКГ в диагностике СКН продемонстрировал AUC — 0,88 (95 % ДИ 0,76–0,93), чувствительность — 83 % (95 % ДИ 63–91), а специфичность — 95 % (95 % ДИ 82–99). Оценка надежности метода в дефиниции стенозов ПНА показала AUC — 0,92 (95 % ДИ 0,84–0,97), чувствительность — 89 % (95 % ДИ 71–96), а специфичность — 95 % (95 % ДИ 86–99). Стрессовая диагностика СКН в регионе компетенции ПрКА оказалась менее точной, AUC составила 0,81 (95 % ДИ 0,7–0,89), чувствительность достигла 63 % (95 % ДИ 25–90), а специфичность — 98 % (95 % ДИ 94–100).

Таким образом, в процессе исследования было обнаружено, что оба метода продемонстрировали ограниченные возможности в диагностике СКН, при этом стресс-ЭхоКГ показала более высокую чувствительность. В обнаружении гемодинамически значимых стенозов ПНА надежность стресс-ЭхоКГ превышала надежность ультразвуковой сосудистой методики, а в дефиниции гемодинамически значимых сужений ПрКА УЗДКА вообще оказалась малокомпетентной, при этом стресс-ЭхоКГ была чувствительнее доплеровского метода.

При расчете показателей диагностической точности объединенной ультразвуковой стрессовой и ангиографической технологии AUC оказалась равной 0,94 (95 % ДИ 0,9–0,97), чувствительность составила 93 % (95 % ДИ 86–98), специфичность — 95 % (95 %

ДИ 88–99). Оценка надежности комбинированного ультразвукового метода в дефиниции стенозов ПНА показала AUC — 0,95 (95 % ДИ 0,87–0,98), при этом чувствительность была максимальной и достигала 96 % (95 % ДИ 81–98), а специфичность — 94 % (95 % ДИ 83–98). Кроме этого, комплексная диагностика оказалась более верной и в выявлении сужений ПрКА, в данном случае AUC просматривалась на уровне 0,85 (95 % ДИ 0,75–0,9), чувствительность оказалась равной 75 % (95 % ДИ 63–82), а специфичность — 98 % (95 % ДИ 91–99). Параметры чувствительности каждого метода в выявлении локальной и общей СКН показаны на рисунке 10.

Современные ультразвуковые технологии позволяют с высокой степенью надежности идентифицировать скрытые и маломанифестные формы ИБС, представляя собой серьезную конкуренцию дорогостоящим, малодоступным, а также облучающим рентгеновским и радиоизотопным методам [3, 4, 5, 11]. Новые ультразвуковые сканеры экспертного класса обладают широкими возможностями для исследования магистрального коронарного русла за счет серьезного усовершенствования доплеровских способов регистрации кровотока. Дифференцированное использование частотного диапазона, развитие гармонических методик, а также интеграция новых цифровых технологий обработки получаемых изображений существенно повышают качество визуализации и определения динамического изменения напряжения миокарда в процессе стресс-ЭхоКГ. Исследование продемонстрировало высокую специфичность доплеровского и стрессового методов, сводя к минимуму ложноположительные результаты, обусловленные сомнительными для оператора эквивалентами коронарных стенозов или нарушениями локальной сократимости миокарда в условиях плохой видимости объекта.

Вместе с тем технические ограничения трансторакального ультразвука препятствуют полноценному изучению морфологического состояния венечных сосудов по причине невозможности осмотра огибающей артерии и различных участков правой артерий [4, 12, 13].

Кроме этого, оценка кровотока в тех или иных разветвлениях коронарного русла находится за пределами разрешающей способности доплеровского метода. Исследование показало, что наилучшим образом могут быть выявлены гемодинамически значимые стенозы в ПНА, которая протекает в передних анатомических образованиях эпикарда и максимально приближена к апертуре датчика. Правая артерия, напротив, оказалась скрытой от ультразвукового доплеровского исследования, что было обусловлено особенностями ее хода, помехами от внутрисердечного кровотока при изучении проксимальной порции, а также удаленностью маргинальной и нисходящей частей сосуда от точек эхолокации. Данные обстоятельства закономерно отразились на чувствительности метода в виде существенных различий для ПНА и ПрКА.

Стресс-ЭхоКГ оказалась более надежным методом выявления СКН за счет оптимальной визу-

ализации всех сегментов ЛЖ при использовании специальных приемов и способов повышения обзора и детекции нарушений региональной сократимости миокарда при проведении ВЭМ. Кроме этого, учет не только классических, но и атипичных эквивалентов динамической гипоперфузии сердечной мышцы в условиях физической нагрузки позитивно отразился на чувствительности стрессовой технологии. Постсистолические утолщения миокарда, имеющие невысокую специфичность для диагностики ишемии в состоянии покоя, в процессе стресс-ЭхоКГ приобретают особое значение, патогномоничность данного ультразвукового признака повышается ввиду динамического преобразования ПСУ либо в гипокинезию, либо в нормальные сокращения при форсировании или снижении физической нагрузки [8].

Тем не менее чувствительность метода в диагностике СКН была весьма ограниченной, при этом для бассейна ПНА она оказалась выше, чем для региона компетенции ПрКА, что, скорее всего, было обусловлено удаленностью задней стенки ЛЖ от аперттуры датчика.

Комбинированная ультразвуковая доплеровская и стрессовая технология характеризовались более высокой надежностью в верификации заболевания за счет выявления нагрузочных нарушений локальной сократимости миокарда у пациентов с нераспознанными стенозами КА, а также за счет обнаружения сосудистых сужений у лиц с хорошо развитой вазомоторной и коллатеральной компенсацией дефицита кровотока по измененному сосуду. Таким образом, вполне очевидна целесообразность одномоментного использования УЗДКА и стресс-ЭхоКГ для более точной диагностики СКН.

Анализируя полученные значения чувствительности и специфичности, а также сопоставляя их с ли-

тературными данными, необходимо подчеркнуть, что результаты проведенного исследования подверглись искажению, обусловленному уклоном выбора [1, 10]. Включение пациентов лишь с хорошей визуализацией КА и безупречной видимостью всех сегментов миокарда ЛЖ при использовании современного сканера экспертного класса вызвало определенное завышение показателей диагностической точности каждого из представленных методов. Однако цель исследования заключалась в пунктуальном сравнении ультразвуковых технологий идентификации СКН, при этом максимальная корректность анализа была достигнута за счет одновременного применения доплеровского и стрессового способов у одних и тех же пациентов с референтно верифицированной СКН.

Выводы

1. Ангиографические и стрессовые ультразвуковые методы диагностики СКН характеризуются оптимальной специфичностью при использовании современных аппаратов экспертного класса за счет исключения сомнительных эквивалентов заболевания в условиях плохой визуализации.

2. Стресс-ЭхоКГ обладает более высокой чувствительностью в диагностике СКН, чем УЗДКА, которая характеризуется значительными техническими ограничениями визуализации ПрКА, невозможностью осмотра огибающей артерии и большинства ответвлений передней нисходящей артерии.

3. Комбинированная доплеровская и стрессовая методика обладает повышенной чувствительностью за счет выявления нагрузочных нарушений локальной сократимости миокарда у пациентов с нераспознанными стенозами КА, а также за счет обнаружения сосудистых сужений у лиц с хорошо развитой компенсацией дефицита кровотока по измененному сосуду.

Литература

1. Абалмасов В. Г., Тривоженко А. Б., Стручков П. В. Трансторакальная и чреспищеводная стресс-эхокардиография. М.: Медпрактика-М, 2012. 96 с.
2. Аронов Д. М., Лупанов В. П. Функциональные пробы в кардиологии. 3-е изд., перераб. и доп. М.: МЕДпрессинформ, 2007. 328 с.
3. Боценко А. А., Врублевский А. В., Карпов Р. С. Трансторакальное ультразвуковое исследование магистральных коронарных артерий: методические аспекты, возможности, ограничения // Ультразвук. и функц. диагностика. 2008. № 6. С. 60–74.
4. Боценко А. А., Врублевский А. В., Карпов Р. С. Диагностика гемодинамически значимого стенозирования передней нисходящей коронарной артерии с помощью трансторакального ультразвукового исследования абсолютного и относительного резервов коронарного кровотока // Сибир. мед. журн. 2010. № 2. С. 79–80.
5. Практическая эхокардиография: рук-во по эхокардиографической диагностике / под ред. Ф. Франка Флаксампфа; пер. с нем.; под общ. ред. акад. РАМН, проф. В. А. Сандрикова. М.: МЕДпресс-информ, 2013. 872 с.
6. Рыбакова М. К., Алехин М. Н., Митьков В. В. Прак-

тическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. 2-е изд., испр. и доп. М.: Вудар-М, 2008. 544 с.

7. Anjaneyulu A., Raghu K., Chandramukhi S. et al. Evaluation of left main coronary artery stenosis by transthoracic echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2008. Vol. 21. № 7. P. 855–860.

8. Claus P., Weidemann F., Dommke C. et al. Mechanisms of postsystolic thickening in ischemic myocardium: mathematical modelling and comparison with experimental ischemic substrates // Ultrasound Med. Biol. 2007. Vol. 33. P. 1963–1970.

9. Innocenti F., Lazzeretti D., Conti A. et al. Stress echocardiography in the ed: diagnostic performance in high-risk subgroups // American Journal Of Emergency Medicine. 2013. Vol. 31. № 9. P. 1309–1314.

10. Picano E. Stress Echocardiography. Fifth, completely revised and updated edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009. 630 p.

11. Picano E., Pellikka P. A. Stress echo applications beyond coronary artery disease // Eur. Heart J. 2014. Vol. 35. № 16. P. 1033–1040.

12. Rigo F., Murer B., Ossena G. et al. Transthoracic

echocardiographic imaging of coronary arteries: tips, traps, and pitfalls // *Cardiovasc Ultrasound*. 2008. Vol. 6. P. 7–12.

13. Soylyu O., Celik S., Karakus G. et al. Transthoracic doppler echocardiographic coronary flow imaging in identification of left anterior descending coronary artery stenosis

in patients with left bundle branch block // *Echocardiography*. 2008. Vol. 25. P. 1065–1070.

14. Vegsundvag J., Holte E., Wiseth R. et al. Transthoracic echocardiography for imaging of the different coronary artery segments: A Feasibility Study // *Cardiovasc. Ultrasound*. 2009. Vol. 7. P. 79–90.

UDK 616.12–005.3–073.432.19

Trivozhenko A. B.¹, Iaroshuk S. A.², Struchkov P. V.²

Comparative efficiency of bicycle stresses-echocardiography and dopplerography of coronary arteries in diagnosis of the latent coronary insufficiency

¹*Siberian Federal research and clinic center FMBA; 636070, Mira str., 4, Seversk, Tomskaya obl., Russia*

²*Institute of improvement of professional skill of FMBA; 125371, Volokolamskoye shosse 91, Moscow, Russia*
e-mail: borisah@yandex.ru

Abstract

Modern angiographic and stressful ultrasonic technologies possess the big possibilities in diagnostics of the latent coronary insufficiency.

Purpose. To compare sensitivity and specificity of bicycle stress-echocardiography, dopplerography of coronary arteries and combined method in diagnostics of significant stenosis of coronary arteries were used.

Design/methodology/approach. Two groups of patients were analyzed: 35 persons from more than 50 % stenosis of coronary arteries and 39 persons without significant stenosis. Dopplerography of coronary arteries and stress-echocardiography were performed in all patients. The ROC-analysis of sensitivity and specificity of each method and the combined technology in diagnostics of the general CAD, left anterior-descending CAD, and the right coronary CAD was spent.

Findings. The dopplerography of coronary arteries has shown sensitivity of 77 %, specificity of 97 %, for LAD — 81 and 97 %, for RA — 50 and 98 %. The stress-echocardiography has shown sensitivity of 83 %, specificity of 95 %, for LAD — 89 and 95 %, for RA — 63 and 98 %. The combined technique has shown sensitivity of 93 %, specificity — 95 %, for LAD — 96 and 94 %, for RA — 75 and 98 %.

Conclusion. The combined technique is characterized by the robust reproducibility at the expense of revealing of loading infringements local contractility of myocardium in patients with not detected stenosis, and also at the expense of revealing of vascular narrowing in persons with well developed indemnification of deficiency of a blood-groove on the changed vessel.

Keywords: CAD, latent coronary insufficiency, dopplerography of coronary arteries, stress-echocardiography.

References

1. Abalmasov V.G., Trivozhenko A.B., Struchkov P.V. Transtorakal'naja i chrespishhevodnaja stress-jehokardiografija [Transthoracic and chrespishchevodny stress echocardiography] // Moscow: Izdatel'skij dom «Medpraktika-M». 2012. 96p. [In Russian].

2. Aronov D.M., Lupanov V.P. Funkcional'nye proby v kardiologii [Functional tests in cardiology] // Tret'e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe [Third edition]. Moscow: MED press-inform. 2007. 328p. [In Russian].

3. Boshhenko A.A., Vrublevskij A.V., Karpov R.S. Transtorakal'noe ul'trazvukovoe issledovanie magistral'nyh koronarnykh arterij: metodicheskie aspekty, vozmozhnosti, ogranichenija [Transthoracic ultrasonic research of the main coronary arteries: methodical aspects, opportunities, restrictions] // Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika 2008. N 6. P.60–74. [In Russian].

4. Boshhenko A.A., Vrublevskij A.V., Karpov R.S. Diagnostika gemodinamicheski znachimogo stenozirovaniya perednej nishodjashhej koronarnoj arterii s pomoshh'ju transtorakal'nogo ul'trazvukovogo issledovaniya absoljutnogo

i otnositel'nogo rezervov koronarnogo krovotoka [Diagnostics of hemodynamically significant stenosis of anterior descending coronary artery by transthoracic ultrasonic study with measurment of absolute and relative reserves of coronary blood flow]. Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika [Ultrasound and functional diagnostics]. // Sibirskij medicinskij zhurnal. [Siberian medical journal]. 2010. N 2. P.79–80. [In Russian].

5. Prakticheskaja jehokardiografija [Practical echocardiography]. Rukovodstvo po jehokardiograficheskoj diagnostike / pod red. Franka A. Flakskampfa. perevod s nemeckogo pod obshh. Red. Akad. RAMN, prof. V.A. Sandrikova. [Manual for diagnostics in echocardiography] - Moscow: MEDpress-inform. 2013. – 872p. [In Russian].

6. Rybakova M.K., Alehin M.N., Mit'kov V.V. Prakticheskoe rukovodstvo po ul'trazvukovoj diagnostike. Jekhokardiografija [Practical guidance on ultrasonic diagnostics. Echocardiography] // Izdanie vtoroe ispravlennoe i dopolnennoe [Second Edition].-Moscow: Izdatel'skij dom Vidar. 2008. 544p. [In Russian].

7. Anjaneyulu A., Raghu K., Chandramukhi S. et al. Evaluation of left main coronary artery stenosis by transthoracic echocardiography // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008. V. 21. N7. P.855-860.
8. Claus P., Weidemann F., Dommke C. et al. Mechanisms of postsystolic thickening in ischemic myocardium: mathematical modelling and comparison with experimental ischemic substrates // *Ultrasound Med. Biol.* 2007. V.33. P.1963-1970.
9. Innocenti F., Lazzeretti D., Conti A., et.al. Stress echocardiography in the ed: diagnostic performance in high-risk subgroups // *American Journal Of Emergency Medicine.* 2013. V.31. N9. P.1309-1314.
10. Picano E. *Stress Echocardiography. Fifth, completely revised and updated edition.* Springer-Verlag, BerlinHeidelberg. 2009. 630p.
11. Picano E., Pelikka P.A. Stress echo applications beyond coronary artery disease // *European Heart Journal.* 2014. V.35. N16. P.1033-1040.
12. Rigo F., Murer B., Ossena G. et al. Transthoracic echocardiographic imaging of coronary arteries: tips, traps, and pitfalls // *Cardiovasc Ultrasound.* 2008. V.6. P.7-12.
13. Soylu O., Celik S., Karakus G. et al. Transthoracic doppler echocardiographic coronary flow imaging in identification of left anterior descending coronary artery stenosis in patients with left bundle branch block // *Echocardiography* 2008. V.25. P. 1065-1070.
14. Vegsundvag J., Holte E., Wiseth R., et al. Transthoracic echocardiography for imaging of the different coronary artery segments: A Feasibility Study // *Cardiovasc. Ultrasound.* 2009. V.7. P. 79-90.