

<https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-24-4-26-32>



© Н.Ю. Неласов^{1*}, А.В. Поморцев^{2,3}, Э.А. Арзуманян¹, О.Л. Ерошенко¹,
М.Н. Моргунов¹, А.Г. Нечаева¹, Т.С. Мартынова¹, Е.Л. Кренева¹, А.А. Танова¹

ВЫЯВЛЕНИЕ СИМПТОМ-СВЯЗАННЫХ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ У БОЛЬНЫХ ИБС С ПОМОЩЬЮ ТРЕХМЕРНОЙ СТРЕСС-ЭХОКАРДИОГРАФИИ С АДЕНОЗИНТРИФОСФАТОМ

¹ Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

² Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

³ Краевая клиническая больница № 2, Краснодар, Россия

✉ *Н.Ю. Неласов, Ростовский государственный медицинский университет, 344022, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, nelassov@rambler.ru

Поступила в редакцию 26 февраля 2021 г. Исправлена 16 сентября 2021 г. Принята к печати 26 сентября 2021 г.

Цель 1. Разработать нормативные значения глобальной и региональной продольной деформации миокарда левого желудочка (ПДЛЖ) при проведении трехмерной стресс-эхокардиографии с аденозинтрифосфатом (АТФ) в реальном масштабе времени и применении технологии автоматизированного анализа функции миокарда (4D СЭхоКГ + ПДЛЖ с АТФ).
2. Сравнить эффективность выявления симптом-связанных коронарных артерий в ходе выполнения 4D СЭхоКГ с АТФ при: а) традиционной визуальной оценке региональной сократимости миокарда; б) пошаговом анализе сегментарной ПДЛЖ.

Материал и методы Обследовано 15 здоровых лиц и 32 пациента с ишемической болезнью сердца (ИБС) после проведенной коронароангиографии. Всем лицам выполнена 4D СЭхоКГ + ПДЛЖ с АТФ (General Electric – Vivid E95).

Результаты Значения нормативных показателей глобальной ПДЛЖ на трех этапах фармакологической нагрузочной пробы (до, во время и после инфузии АТФ) составили –19,5 (95% ДИ: –20,4 – –19,0), –21,6 (95% ДИ: –22,8 – –20,4) и –19,5 (95% ДИ: –20,3 – –18,6) соответственно. Также были определены средние величины ПДЛЖ в каждом из 17 сегментов миокарда левого желудочка у здоровых лиц. У больных ИБС во время нагрузочной пробы при визуальном контроле сократимости усиление исходных нарушений локального утолщения миокарда, появление новых зон и расширение имевшихся ранее отмечено в 31,2% случаев, а усиление исходных нарушений деформации, появление новых зон нарушений деформации и расширение старых – в 68,7% ($p = 0,0055$). Индуцированные усиления нарушений деформации при введении АТФ в зоне кровоснабжения передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии, огибающей ветви, правой коронарной артерии (с выявленными во время коронароангиографии гемодинамически значимыми стенозами и окклюзиями) были обнаружены в 28,0, 77,7 и 65,2% соответственно ($p_{1-3} = 0,0194$; $p_{1-2} = 0,0019$; $p_{2-3} = 0,2864$).

Заключение Определены нормативные значения глобальной и сегментарной ПДЛЖ при выполнении 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ. Данная методика позволяет достоверно в 2,2 раза повысить эффективность идентификации симптом-связанных коронарных артерий у больных ИБС, по сравнению с традиционной СЭхоКГ, основанной на визуальной оценке локальной сократимости миокарда.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, трехмерная стресс-эхокардиография, продольная деформация миокарда

Цитировать: Неласов Н.Ю., Поморцев А.В., Арзуманян Э.А., Ерошенко О.Л., Моргунов М.Н., Нечаева А.Г., Мартынова Т.С., Кренева Е.Л., Танова А.А. Выявление симптом-связанных коронарных артерий у больных ИБС с помощью трехмерной стресс-эхокардиографии с аденозинтрифосфатом. *Инновационная медицина Кубани*. 2021;(4):26–32. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-24-4-26-32>

© Nikolay J. Nelasov^{1*}, Aleksey V. Pomortsev^{2,3}, Eduard A. Arzumanjan¹, Olga L. Eroshenko¹,
Maxim N. Morgunov¹, Anna G. Nechaeva¹, Tatiana S. Martynova¹, Ekaterina L. Kreneva¹, Anastasia A. Tanova¹

DETECTION OF SYMPTOM-RELATED CORONARY ARTERIES IN PATIENTS WITH CORONARY ARTERY DISEASE USING REAL-TIME THREE-DIMENSIONAL STRESS ECHOCARDIOGRAPHY WITH ADENOSINE TRIPHOSPHATE

¹ Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

² Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

³ Regional Clinical Hospital no. 2, Krasnodar, Russian Federation

✉ *Nikolay J. Nelasov, Rostov State Medical University, 29, Nakhichevsky str., Rostov-on-Don, 344022, nelassov@rambler.ru

Received: February 26, 2021. Received in revised form: September 16, 2021. Accepted: September 26, 2021.



Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Aim	1) To develop normative values of global and regional left ventricular longitudinal deformation (LVLD) during real time three-dimensional stress echocardiography with adenosine triphosphate (ATP) and utilization of automated function imaging technology (4D Stress-Echo + LVLD with ATP); 2) to compare the effectiveness of detection of symptom-related coronary arteries during 4D Stress-Echo with ATP using: a) traditional visual assessment of regional myocardial contractility and b) step-by-step analysis of segmental LVLD.
Material and Methods	15 healthy subjects and 32 patients with coronary artery disease (CAD) were examined after coronary angiography. All individuals underwent 4D Stress-Echo + LVLD with ATP (Vivid E95, General Electric).
Results	The normative values of global LVLD at three stages of the pharmacological stress-test (before, during and after ATP infusion) were -19.5 (95% CI: $-20.4 - -19.0$), -21.6 (95% CI: $-22.8 - -20.4$) and -19.5 (95% CI: $-20.3 - -18.6$), respectively; the values of LVLD in each of the 17 segments of left ventricular myocardium in healthy subjects were also determined. In patients with CAD visual control of contractility during stress test revealed dynamic decrease in local thickening of the myocardium, appearance of new zones of contractility disorders and expansion of previously noted in 31.2% of cases, while analysis of deformation detected the appearance of new zones of deformation disturbances and expansion of previously found – in 68.7% ($p = 0.0055$). Stress-induced worsening of myocardial deformation during ATP infusion in the zones of blood supply of left anterior descending coronary artery, circumflex artery and right coronary artery (with presence of hemodynamically significant stenoses and occlusions detected during coronary angiography) were found in 28.0, 77.7 and 65.2% respectively ($p_{1,3} = 0.0194$; $p_{1,2} = 0.0019$; $p_{2,3} = 0.2864$).
Conclusion	The normal values of global and segmental LVLD for each stage of 4D Stress-Echo + LVLD with ATP were determined. 4D Stress-Echo + LVLD with ATP can significantly increase the effectiveness of symptom-related coronary arteries identification in patients with CAD in comparison with traditional Stress-Echo with visual assessment of local myocardial contractility.
Keywords:	CAD, 4D Stress-Echo, longitudinal myocardial deformation
Cite this article as:	Nelasov N.J., Pomortsev A.V., Arzumanjan E.A., Eroshenko O.L., Morgunov M.N., Nechaeva A.G., Martynova T.S., Kreneva E.L., Tanova A.A. Detection of symptom-related coronary arteries in patients with coronary artery disease using real-time three-dimensional stress echocardiography with adenosine triphosphate. <i>Innovative Medicine of Kuban</i> . 2021;(4):26–32. https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-24-4-26-32

ВВЕДЕНИЕ

Значительную часть стресс-эхокардиографических исследований (СЭхоКГ) в мире составляют стресс-тесты с вазодилататорами (аденозином и дипиридамолом) [1]. К сожалению, в связи с санкционной политикой западных стран эти препараты в российской аптечной сети в настоящее время не представлены.

Учитывая это обстоятельство, нами ранее была предложена и апробирована методика СЭхоКГ с использованием заменителя аденозина – аденозинтрифосфата (АТФ), показавшая свою безопасность и эффективность при регистрации ЭхоКГ параметров (рис. 1) [2].

В последние годы при СЭхоКГ стали успешно применяться две новые технологии: трехмерная эхокардиография в реальном масштабе времени (4D СЭхоКГ) [3] и анализ глобальной и региональной продольной деформации левого желудочка (ПДЛЖ) методом тканевого следа [4]. Однако возможность использования этих методик в СЭхоКГ с АТФ для оценки функциональной значимости поражения коронарного русла у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) еще не достаточно изучена. Все вышеописанное и определило цель нашего исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

1) Разработка нормативных значений глобальной и региональной ПДЛЖ при проведении 4D СЭхоКГ с АТФ и применении технологии автоматизированного анализа функции миокарда (AFI).

2) Сравнение эффективности выявления симптом-связанных коронарных артерий в ходе выполнения 4D СЭхоКГ с АТФ при: а) традиционной визуальной оценке региональной сократимости миокарда и б) пошаговом анализе сегментарной ПДЛЖ, определенной с помощью технологии AFI.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализирован материал, собранный в двух лечебных учреждениях – Ростовском государственном медицинском университете г. Ростова-на-Дону (РостГМУ) и Центральной городской больницы (ЦГБ) г. Азова. Обследовано 47 человек, из них 15 здоровых лиц (мужчин – 11, средний возраст – 42,3 года (95% ДИ: 36,7–47,9)) и 32 пациента (мужчин – 29, средний возраст – 58,2 (95% ДИ: 56,1–60,2)) с ИБС, верифицированной при коронароангиографии (КАГ). КАГ выполнена в течение 1 мес. до проведения 4D СЭхоКГ с АТФ на ангиографах GE Innova IGS 530 (General Electric, США) в клинике РостГМУ и Philips Allura Xper FD20 (Royal Philips, Нидерланды) и в ЦГБ г. Азова по стандартной методике трансрадиальным доступом.

У 8 (25,0%) пациентов обнаружено однососудистое поражение, у 14 (46,7%) – двухсосудистое, у 10 (31,2%) – трехсосудистое поражение коронарных артерий. Выявлены 3 пациента с гемодинамически значимым поражением ствола левой коронарной артерии (ЛКА), 25 – передней межжелудочковой ветви

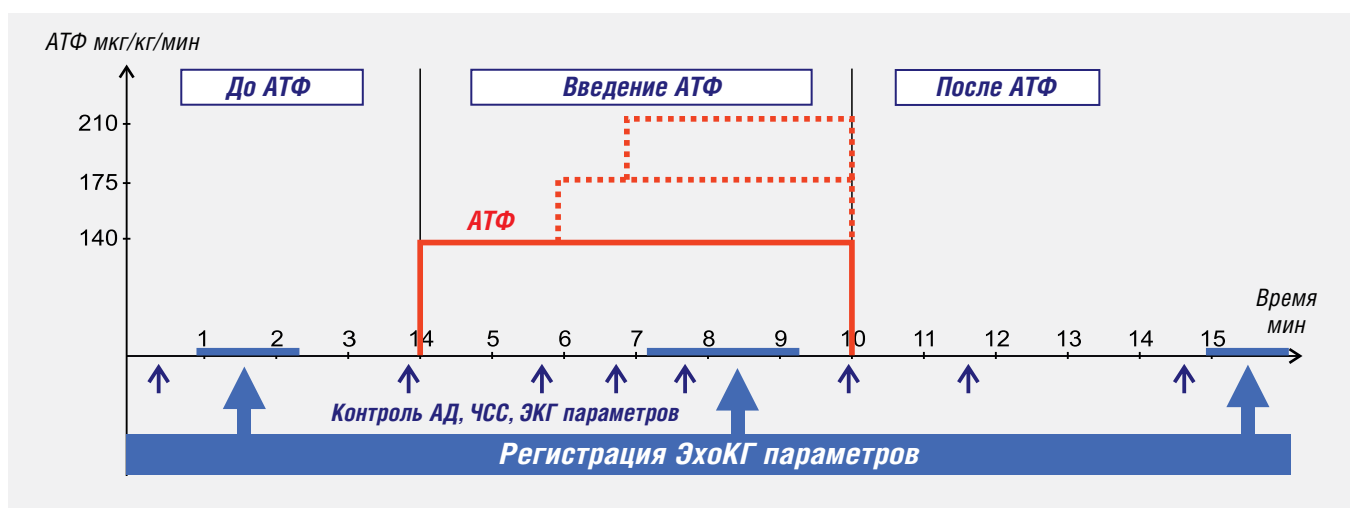


Рисунок 1. Алгоритм проведения стресс-эхокардиографии с аденозинтрифосфатом (где АТФ – аденозинтрифосфат, АД – артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, ЭКГ – электрокардиография, ЭхоКГ – эхокардиография)

Figure 1. Algorithm of stress-echocardiography with adenosine-triphosphate (where ATP – adenosine-triphosphate, BP – blood pressure, HR – heart rate, ECG – electrocardiography, EchoCG – Echocardiography)

(ПМЖВ), 15 – огибающей ветви (ОВ), 22 – правой коронарной артерии (ПКА). В подгруппу низкого риска Syntax Score (0–22 баллов) определены 26 человек, промежуточного (23–32 балла) – 5, высокого (больше 32 баллов) – 1 [5].

Всем включенным в исследование на эхокардиографе Vivid E95 (General Electric, США), оснащенным матричным объемным секторным датчиком 4V-D, проведена 4D СЭхоКГ+ ПДЛЖ с АТФ с новым алгоритмом инфузии стресс-агента, предусматривающим возможность ступенеобразного повышения дозировки препарата, и использованием технологии AFI и пространственного спекл-трекинга в реальном масштабе времени. АТФ (ВИАЛ, Россия) вводили внутривенно интракубитально с помощью шприцевого дозатора Инстилар-1438 (Диксион, Россия). Запись ЭхоКГ параметров на втором этапе теста осуществлялась только при достижении состояния эффективной системной и коронарной вазодилатации (снижение систолического артериального давления на 5 мм рт. ст. и более). При анализе полученной информации был использован формат оценки глобальной и сегментарной ПДЛЖ в виде «полярных» диаграмм.

Заключение о появлении стресс-индуцированной ишемии в зоне кровоснабжения той или иной коронарной артерии во время нагрузочной пробы утверждалось при: а) выявлении в ходе визуального контроля новых участков асинергии, затрагивающих более одного сегмента миокарда ЛЖ, либо при усилении степени асинергии, обнаруженной исходно; б) обнаружении новых зон снижения систолической деформации миокарда, затрагивающих более одного сегмента, либо усилении степени нарушений деформации, обнаруженных до пробы [6, 7].

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, США). Учитывая то, что при обработке итоговых данных по 66 показателям нормальный характер распределения значений признаков был установлен лишь в 13,2 %, принято

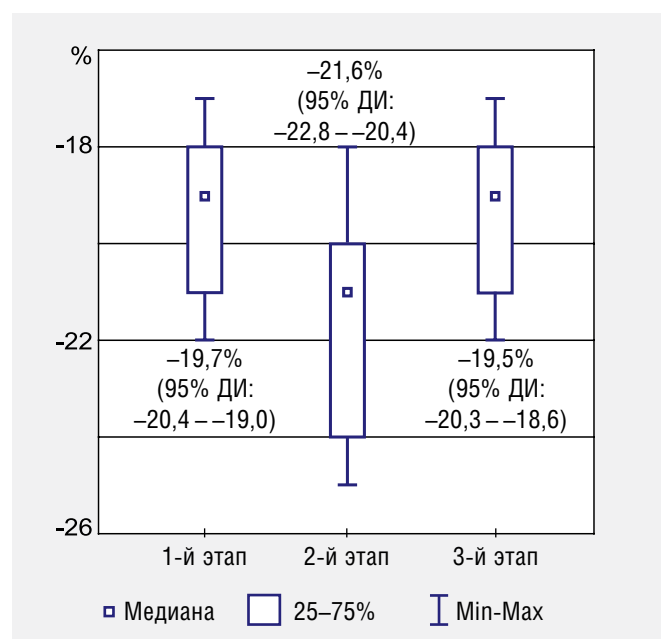


Рисунок 2. Изменения показателей глобальной продольной деформации миокарда левого желудочка у здоровых лиц на трех этапах трехмерной эхокардиографии с аденозинтрифосфатом: до, во время и после введения препарата

Figure 2. Changes in values of global longitudinal left ventricular myocardial deformation (mean values) in healthy subjects at three stages of three-dimensional echocardiography with adenosine triphosphate: before, during and after drug infusion

решение применить непараметрические методы для сравнительного анализа. Для сравнений качественных показателей использован точный метод Фишера, количественных – тест Вилкоксона. Все данные представлены в виде средней величины и 95%-го доверительного интервала (ДИ) либо медианы нижнего и верхнего квартилей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с рекомендациями предварительного определения нормативных показателей ПДЛЖ для конкретной марки ультразвукового сканера и региона мира [7, 8], опираясь на анализ данных 15 здоровых лиц, нами были определены нормативные значения глобальной и региональной ПДЛЖ на трех этапах 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ. Сведения об изменении величин глобальной ПДЛЖ представлены на рисунке 2, а ПДЛЖ в различных сегментах миокарда (при использовании пошагового анализа деформации) – в таблице 1.

Как видно из представленных данных, значения глобальной и сегментарной ПДЛЖ у здоровых людей несколько снижаются (растут в абсолютном цифровом выражении) во время введения АТФ, а затем после прекращения инфузии АТФ в течение 5 мин возвращаются к исходному уровню. Полученные нами показатели о нормативных значениях ПДЛЖ близки к данным, опубликованным ранее [4, 8].

На первом этапе стресс-теста (до введения АТФ) в группе больных ИБС зоны нарушения локальной сократимости определялись в 8 случаях (25,0%), а ПДЛЖ – в 32 (100%). В качестве критерия выявления во время 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ симптом-связанных артерий, обуславливающих появление зон стресс-индуцированной ишемии, мы считали обнаружение усиления нарушений сократимости при визуальном контроле либо повышение величины исходного показателя сегментарной ПДЛЖ на 5% и более [9]. Если эти изменения сохранялись и на третьем этапе пробы (через 5 мин окончания инфузии АТФ), то степень миокардиальной ишемии считалась более выраженной [10]. Сегменты миокарда с нормальными исходными значениями сократимости/ПДЛЖ и без ухудшения в динамике на фоне введения вазодилататора считали неишемизированными. Участки миокарда с исходно сниженными значениями сократимости/ПДЛЖ, сохраняющимися на протяжении нагрузочной пробы, рассматривали как фиксированные поражения (наличие рубцов).

В результате анализа данных выполненной 4D СЭхоКГ выяснилось, что при визуальном контроле сократимости усиление исходных нарушений локального утолщения миокарда, появление новых зон и расширение имевшихся ранее отмечено в 31,2% случаев, а усиление исходных нарушений деформации,

Таблица 1

Показатели сегментарной продольной деформации левого желудочка в группе здоровых лиц на трех этапах трехмерной стресс-эхокардиографии с аденозинтрифосфатом (до, во время и после введения препарата)

Table 1

Values of segmental longitudinal left ventricular myocardial deformation in a group of healthy individuals at three stages of three-dimensional stress echocardiography with adenosine triphosphate (before, during and after drug infusion)

Сегмент	До АТФ (%)	Введение АТФ (%)	После АТФ (%)
1	-22,8 (95% ДИ: -26,8 – -18,8)	-21,6 (95% ДИ: -22,8 – -20,4)	-20,5 (95% ДИ: -22,8 – -18,3)
2	-19,1 (95% ДИ: -20,6 – -17,6)	-24,0 (95% ДИ: -27,1 – -20,9)	-18,7 (95% ДИ: -20,1 – -17,4)
3	-17,3 (95% ДИ: -19,2 – -15,4)	-19,8 (95% ДИ: -21,5 – -18,1)	-19,7 (95% ДИ: -21,7 – -17,6)
4	-20,8 (95% ДИ: -23,2 – -18,4)	-22,1 (95% ДИ: -24,8 – -19,5)	-21,2 (95% ДИ: -23,3 – -19,8)
5	-21,1 (95% ДИ: -23,3 – -19,0)	-24,7 (95% ДИ: -27,7 – -21,7)	-20,3 (95% ДИ: -22,5 – -18,1)
6	-20,1 (95% ДИ: -22,4 – -17,9)	-22,9 (95% ДИ: -27,0 – -18,9)	-20,0 (95% ДИ: -22,1 – -17,9)
7	-19,9 (95% ДИ: -22,3 – -17,5)	-21,8 (95% ДИ: -24,1 – -19,5)	-17,9 (95% ДИ: -19,6 – -16,3)
8	-21,3 (95% ДИ: -23,5 – -19,2)	-21,5 (95% ДИ: -23,8 – -19,1)	-20,4 (95% ДИ: -22,1 – -18,8)
9	-18,3 (95% ДИ: -19,7 – -16,8)	-19,9 (95% ДИ: -21,2 – -18,6)	-20,7 (95% ДИ: -22,8 – -18,6)
10	-19,5 (95% ДИ: -20,9 – -18,1)	-19,9 (95% ДИ: -22,8 – -17,1)	-18,5 (95% ДИ: -20,7 – -16,4)
11	-19,1 (95% ДИ: -20,7 – -17,4)	-20,7 (95% ДИ: -23,1 – -18,2)	-19,5 (95% ДИ: -21,3 – -17,7)
12	-20,0 (95% ДИ: -22,9 – -17,1)	-20,7 (95% ДИ: -23,1 – -18,2)	-18,9 (95% ДИ: -21,4 – -16,4)
13	-18,3 (95% ДИ: -21,6 – -15,1)	-22,6 (95% ДИ: -25,2 – -20,0)	-17,5 (95% ДИ: -18,9 – -16,2)
14	-19,1 (95% ДИ: -20,3 – -18,0)	-21,7 (95% ДИ: -19,8 – -22,0)	-18,7 (95% ДИ: -20,7 – -16,6)
15	-20,1 (95% ДИ: -22,8 – -17,4)	-21,8 (95% ДИ: -23,8 – -19,9)	-19,5 (95% ДИ: -21,1 – -17,9)
16	-19,9 (95% ДИ: -21,9 – -18,0)	-21,0 (95% ДИ: -23,3 – -18,7)	-18,1 (95% ДИ: -20,0 – -16,2)
17	-18,4 (95% ДИ: -20,4 – -16,4)	-21,3 (95% ДИ: -23,5 – -19,2)	-18,9 (95% ДИ: -20,6 – -17,3)

появление новых зон нарушений деформации и расширение старых – в 68,7% ($p = 0,0003$). Таким образом, применение автоматизированной оценки ПДЛЖ во время 4D СЭхоКГ с АТФ существенно повышает эффективность обнаружения симптом-связанных коронарных артерий у больных ИБС, по сравнению с традиционной ЭхоКГ методикой визуальной оценки сократимости миокарда. Полученные нами данные

о повышении результативности ЭхоКГ нагрузочной пробы при использовании анализа ПДЛЖ соответствуют литературным [9, 10].

Следует также отметить, что в 3-х случаях, несмотря на наличие гемодинамически значимых поражений коронарного русла (данные КАГ), выявить симптом-связанные артерии не удалось ни одним из диагностических методов. Разумно предположить, что это обусловлено наличием хорошо развитых коллатералей, предотвращающих появление стресс-индуцированной ишемии [11]. В такой ситуации проведение хирургической/эндоваскулярной реваскуляризации не показано, необходимо продолжение медикаментозной терапии [12].

Нами также изучено как часто может быть обнаружена пораженная питающая коронарная артерия, в зоне которой при нагрузке была индуцирована ишемия, выявленная с помощью анализа ПДЛЖ. Индуцированные усиления нарушений деформации при введении АТФ в зоне кровоснабжения ПМЖВ, ОВ, ПКА (с выявленными во время коронароангиографии гемодинамически значимыми стенозами и окклюзиями) были обнаружены в 28,0, 77,7 и 65,2% соответственно ($p_{1-3} = 0,0194$; $p_{1-2} = 0,0019$; $p_{2-3} = 0,2864$). Таким образом, симптом-связанными коронарными артериями чаще оказываются ОВ и ПКА.

В качестве примера проведения пробы с АТФ и выполнения мониторингирования изменений процессов деформации миокарда ЛЖ можно привести следующее наблюдение.

Больной X., 59 лет, предъявлял жалобы на вновь появившиеся приступы стенокардии при физической нагрузке. Клинический диагноз – ИБС. Стенокардия напряжения, ФК II. Постинфарктный кардиосклероз (ИМ без зубца Q передней стенки ЛЖ, 2013). Атеросклероз аорты и коронарных артерий. ХСН IIА, ФК

II. Гипертоническая болезнь III стадии, достигнутой 3 степени, группа риска 4 (очень высокая). Данные коронароангиографии: левый тип кровоснабжения миокарда ЛЖ. Стеноз проксимальной трети ПМЖВ – 60%. Стеноз дистальной трети ОВ – 75%. Гипоплазия ПКА в средней и дистальной третях. Выполнена 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ. Исходное АД 134/70 мм рт. ст., ЧСС 65 уд./мин. При ЭхоКГ контроле зон нарушений локальной сократимости не выявлено. При введении АТФ в дозе 140 мкг/кг/мин через 2 мин – АД 135/67 мм рт. ст., ЧСС 68 уд./мин. Через 30 с после увеличения дозы АТФ до 175 мкг/кг/мин, АД снизилось до 105/80 мм рт. ст., ЧСС возросла до 77 уд./мин. Констатировано достижение состояния субмаксимальной вазодилатации. При этом появления более стенокардитического характера, изменений ЭКГ, возникновения зон нарушения локальной сократимости при визуальном ЭхоКГ контроле не отмечено. Через 3 мин от начала введения АТФ зарегистрированы 4D ЭхоКГ данные. Восстановительный период – без особенностей. В ходе автоматизированного анализа ПДЛЖ получены следующие полярные диаграммы (рис. 3).

Как видно из рисунка 3, исходно отмечалась тенденция к снижению показателей деформации миокарда в зонах кровоснабжения всех 3-х коронарных артерий (1, 2, 5, 7, 8, 12, 16 и 17 сегменты). Во время введения АТФ и достижения состояния субмаксимальной гиперемии миокарда отмечена нормализация процессов деформации в зонах кровоснабжения ПМЖВ и ПКА. Но одновременно с этим появились участки значительного нарушения деформации миокарда в зоне кровоснабжения ОВ – 6, 12 и 16 сегменты, где преобладает прокраска синим цветом, повышение значения ПДЛЖ на 5% и более, по сравнению с 1-м этапом пробы при количественном анализе. Через 5 мин после окончания введения АТФ сохра-



Рисунок 3. Результаты объемной автоматизированной оценки продольной систолической деформации миокарда левого желудочка, представленные в виде полярных диаграмм у пациента X.: а) до введения АТФ, б) во время введения АТФ, в) через 5 мин после введения АТФ (где Пер – передние сегменты левого желудочка, Пер. перег. – передне-перегородочные, Перег. – перегородочные, Ниж. – нижние, После. – задние, Бок. – боковые сегменты)

Figure 3. The results of volumetric automated evaluation of longitudinal left ventricular myocardial systolic deformation, presented in the form of polar diagrams in patient X.: a) before ATP infusion, b) during ATP infusion, c) 5 minutes after ATP infusion (where Ant. – anterior segments of the left ventricle, Ant.-sept. – antero-septal segments, Sept. – septal segments, Inf. – inferior segments, Inferolateral. – inferolateral segments, Lat. – lateral segments)

няются участки нарушения деформации в зоне кровоснабжения этой же артерии. Проба признана положительной. Выявлена симптом-связанная артерия – ОВ. Стеноз ПМЖВ, приближающийся к пограничному, а также гипоплазия ПКА оказались малозначимыми в плане формирования участков нарушения деформации, появление которых обусловлено возникающей ишемией.

Таким образом, у пациента Х. только оценка ПДЛЖ позволяет выявить зону индуцированной во время стресс-теста ишемии и, соответственно, зону кровоснабжения симптом-связанной коронарной артерии.

Важно отметить, что методика 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ, в связи со своей эффективностью в выявлении симптом-связанных коронарных артерий, может быть рекомендована для практического применения.

ВЫВОДЫ

1. Определены нормативные значения глобальной и сегментарной ПДЛЖ при выполнении 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ.

2. Методика 4D СЭхоКГ+ПДЛЖ с АТФ позволяет достоверно в 2 раза повысить эффективность идентификации симптом-связанных коронарных артерий у больных ИБС, по сравнению с традиционной СЭхоКГ методикой, основанной на визуальной оценке локальной сократимости миокарда.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease. The Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2013;34:2949–3003. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz296>
2. Неласов Н.Ю., Сидоров Р.В., Моргунов М.Н. и др. Нагрузочная проба с аденозинтрифосфатом в стресс-эхокардиографии: обоснование оптимального алгоритма исследования. *Кардиология*. 2019;59:39–47. <https://doi.org/10.18087/cardio.2019.11.2665>
3. Nelasov NJ, Sidorov RV, Morgunov MN, et al. Echocardiographic stress test with adenosine triphosphate: optimization of the algorithm. *Kardiologiia*. 2019;59:39–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.18087/cardio.2019.11.2665>
3. Крикунов П.В., Васюк Ю.А., Крикунова О.В. Прогностическая значимость эхокардиографии после острого инфаркта миокарда. Часть 2. *Российский кардиологический журнал*. 2018;(1):89–100. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-1-89-100>
- Krikunov PV, Vasyuk YA, Krikunova OV. Predictive value of echocardiography in post myocardial infarction setting. Part 2. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;(1):89–100. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-1-89-100>
4. Алехин М.Н. Клиническое использование показателей продольной систолической деформации левого желудочка сердца. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2017;4:101–111. URL: kremlin-medicine.ru/index.php/km/article/view/1085
- Alekhin MN. Clinical application of longitudinal systolic deformation indicators in the heart left ventricle. *Kremlin*

Medicine. *Clinical Bulletin*. 2017;4:101–111 (In Russ.). URL: kremlin-medicine.ru/index.php/km/article/view/1085

5. Калькулятор SYNTAX Score [© 2013–2019, www.heart-master.com]. Ассоциация сердечно-сосудистых хирургов России. Секция «Кардиология и визуализация в кардиохирургии»; 2019 [обновлено 29 декабря 2019; процитировано 30 августа 2020]. Доступно: http://heart-master.com/clinic/diagnostic/syntax_score/

6. SYNTAX Score Calculator [© 2013–2019, www.heart-master.com]. Association of cardiovascular surgeons of Russia. Section «Cardiology and visualization in cardiac surgery»; 2019 [updated December 29, 2019; quoted August 30, 2020]. (In Russ.). Available: http://heart-master.com/clinic/diagnostic/syntax_score/

7. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, et al. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur J Echocardiogr*. 2008;9:415–37. <https://doi.org/10.1093/ejehocardiography/jen175>

8. Smiseth OA, Torp H, Opdahl A, et al. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur Heart J*. 2016;37:1196–207. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv529>

9. Muraru D, Niero A, Rodriguez-Zanella H, et al. Three-dimensional speckle-tracking echocardiography: benefits and limitations of integrating myocardial mechanics with three-dimensional imaging. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2018;8:101–17. <https://doi.org/10.21037/cdt.2017.06.01>

10. Voigt JU, Exner B, Schmiedehausen K, et al. Strain-rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia. *Circulation*. 2003;107:2120–26. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000065249.69988.AA>

11. Uusitalo V, Luotolahti M, Pietilä M, et al. Two-Dimensional Speckle-Tracking during Dobutamine Stress Echocardiography in the Detection of Myocardial Ischemia in Patients with Suspected Coronary Artery Disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29:470–479.e3. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.12.013>

12. Zimarino M, D'Andrea Matteo M, Waksman R, et al. The dynamics of the coronary collateral circulation. *Nat Rev Cardiol*. 2014;11:191–7. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2013.207>

13. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40:87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Неласов Николай Юлианович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-2208-8042>

Поморцев Алексей Викторович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, Кубанский государственный медицинский университет; руководитель центра лучевой диагностики, Краевая клиническая больница № 2 (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4129-3930>

Арзуманян Эмиль Альбертович, аспирант кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5210-4114>

Ерошенко Ольга Леонидовна, к. м. н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6501-0731>

Моргунов Максим Николаевич, к. м. н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный

медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6238-9782>

Нечаева Анна Геннадиевна, учебный ординатор кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6066-1113>

Мартынова Татьяна Сергеевна, аспирант кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-7073-1162>

Кренева Екатерина Леонидовна, аспирант кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6807-4933>

Танова Анастасия Андреевна, учебный ординатор кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-3765-8714>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CREDENTIALS

Nikolay J. Nelasov, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-2208-8042>

Alexey V. Pomortsev, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Radiology Department, Kuban State Medical

University; Head of the Center for Radiation Diagnostics, Regional Clinical Hospital no. 2 (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4129-3930>

Emil A. Arzumanjan, Postgraduate Student, Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5210-4114>

Olga L. Eroshenko, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department, Ultrasound Department, Rostov State Medical University. (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6501-0731>

Maxim N. Morgunov, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department, Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6238-9782>

Anna G. Nechaeva, Recipient of of the Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6066-1113>

Tatiana S. Martynova, Postgraduate Student, Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-7073-1162>

Ekaterina L. Kreneva, Postgraduate Student, Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6807-4933>

Anastasia A. Tanova, Recipient of of the Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-3765-8714>

Funding: *the study did not have sponsorship.*

Conflict of interest: *none declared.*