

# СОСТОЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА И СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ В ПОКОЕ И ПРИ НАГРУЗОЧНОМ ТЕСТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЯЖЕСТИ ПОРАЖЕНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ У БОЛЬНЫХ ИБС

## THE STATE OF THE STRAIN AND STRAIN RATE AT REST AND DURING THE LOAD TEST, DEPENDING ON THE SEVERITY OF CORONARY ARTERY DISEASE

**S. Pirtskhalava**  
**E. Asymbekova**  
**L. Shakhnazaryan**  
**B. Yusufov**  
**Yu. Buziashvili**

*Summary.* Myocardial strain is one of the new objective indicators of the functional state of the left ventricular myocardium. Changes in the strain during induced ischemia were studied predominantly with dobutamine stress echocardiography. In the stress test myocardial strain were not studied.

*Aim:* to study the state of myocardial strain and the strain rate at rest and during exercise test, depending on the severity of coronary artery disease.

*Material and Methods:* 34 patients with coronary heart disease have been examined. All patients underwent standard examination, stress echocardiography with a load, tissue dopplerography, coronary angiography. All patients were divided into 2 groups depending on the severity of coronary artery disease — group 1 — patients with a single vascular lesion, group 2 — with a multi-vascular lesion.

*Results:* In group 1, all patients had a lesion of one artery — the LAD in 83% of patients and in 17% — RCA. Myocardial strain at rest was reduced in patients of groups 1 and 2. In group 1, the average strain was  $-15.5 \pm 2.02\%$ , in group 2 —  $-14.9 \pm 2.5\%$ . The tolerance threshold for exercise in group 1 was higher than in group 2 ( $p = 0.01$ ). In response to the load, the strain is worsened in both groups.

*Conclusion:* Changes in myocardial strain during stress echocardiography is a significant marker of the presence of myocardial ischemia and determines the severity of coronary artery disease.

*Keywords:* ischemic heart disease, left ventricle, stress echocardiography, myocardial strain, myocardial strain rate, systolic function, diastolic function.

**Пирцхалава София Давидовна**

Аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва  
sofiko0311@yandex.ru

**Асымбекова Эльмира Уметовна**

Д.м.н., в.н.с., Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

**Шахназарян Лусине Самвеловна**

К.м.н., врач-кардиолог, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

**Юсуфов Борис Тельманович**

Аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

**Бузиашвили Юрий Иосифович**

Академик РАН, д.м.н., профессор, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

*Аннотация.* Деформация миокарда является одним из новых объективных показателей функционального состояния миокарда левого желудочка. Изменения деформации при индуцированной ишемии изучались преимущественно при добутаминовой стресс-эхокардиографии. При нагрузочной пробе изменения деформации миокарда не изучались.

*Цель исследования:* изучить состояние деформации миокарда и скорости деформации в покое и при нагрузочном тесте в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС.

*Материал и методы:* Обследовано 34 больных ИБС кардиохирургического профиля. Всем больным проводили стандартное обследование, стресс-эхокардиографию с нагрузкой, тканевую доплерографию, коронарографию. Все больные были разделены на 2 группы в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий — 1 группа — пациенты с однососудистым поражением, 2 группа — с многососудистым поражением.

*Результаты исследования:* В 1 группе у всех больных было поражение одной артерии — ПМЖВ у 83% больных и у 17% — ПКА. Во 2 группе больных среднее число пораженных артерий на группу составило  $3,2 \pm 1,1$ .



## Введение

**С**тресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) — метод неинвазивной оценки ИБС. Преимущества метода — переносимость, универсальность, быстрая доступность результатов и относительно низкая стоимость [1, 2, 3, 4, 5]. Стресс-ЭхоКГ допускает более точную стратификацию риска у пациентов с ИБС или риском ее развития [6]. Использование стресс-ЭхоКГ важно не только для визуализации и регистрации ишемии миокарда, но и определения объема данной ишемии миокарда, диагностики обратимости исходной дисфункции миокарда, диагностики гибернированного и оглушенного миокарда и т.д. [7, 8, 9].

Добавление изучения глобальной деформации (Str) к исходным характеристикам и фракции выброса (ФВ) у больных со стабильной ИБС к регрессионной модели значительно улучшило прогнозирование сердечных событий, напротив, добавление параметров Д у пациентов с ОИМ не увеличивало силу прогнозирования сердечных событий [10–13].

Степень изученности тематики остается на низком уровне. По данным литературы встречаются единичные работы по изучению деформации при стресс-ЭхоКГ с нагрузочными пробами [21], тогда как большинство исследований проводились с добутаминовой пробой [22, 23, 24, 25].

## Цель исследования

Изучить состояние деформации миокарда и скорости деформации в покое и при нагрузочном тесте в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС

## Материал и методы

Для выявления влияния степени тяжести поражения коронарных артерий на состояние ДФ миокарда 34

Деформация миокарда в состоянии покоя была снижена у больных 1 и 2 группы. Порог толерантности к физической нагрузке в 1 группе был выше, чем во 2 группе ( $p=0,01$ ). В ответ на нагрузку происходит ухудшение деформации в обеих группах.

Заключение: изменения деформации миокарда при стресс-эхокардиографии является значимым маркером наличия ишемии миокарда и определяет степень тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС.

*Ключевые слова:* ишемическая болезнь сердца, левый желудочек, стресс-эхокардиография, деформация миокарда, скорость деформации миокарда, систолическая функция, диастолическая функция.

больных ИБС были разделены на 2 группы: 1 группа — больные ИБС с однососудистым поражением коронарных артерий ( $n=12$ ) и 2 группа — больные ИБС с многососудистым поражением коронарных артерий ( $n=22$ ). Сравнительная клиничко-анамнестическая характеристика больных двух групп представлена в таблице 1.

Всем больным проводился стандартный объем обследования, включая коронароангиографию, стресс-эхокардиографию с нагрузкой, тканевую доплерографию. Пациенты за 48 часов до исследования отменяли прием бета-блокаторов. У всех пациентов оценивалась сократительная и диастолическая функции (ДФ) левого желудочка, деформация миокарда до и после нагрузки, другие значимые показатели.

## Статистический анализ

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета статистических программ STATISTICA фирмы StatSoft, Inc., (США) версии 10.0.

## Результаты собственных исследований

Функциональное состояние больных 1 и 2 групп представлено в таблице 2.

Диастолическая функция левого желудочка у больных ИБС в первой и второй группах представлена в таблице 3.

Степень поражения коронарных артерий (одно- или многососудистое поражение) в отличие от систолической функции и сократимости миокарда имеет значение при анализе диастолической функции. Так, и в 1 группе, и во 2 группе ДФЛЖ нарушена — преобладает скорость позднего наполнения над скоростью раннего наполнения и соответственно отношение Е/А меньше единицы, не различаясь между группами. Но принципиальной разницей между группами является то, что ДФ у боль-

Таблица 1. Клинико-anamnestическая характеристика больных

Показатели	1 группа, n=12	2 группа, n=22
Возраст, лет	61,2±10,2	62,2±10,8
Пол муж/жен	11/1	17/5
Возраст манифестации ИБС, лет	59,2±9,5	59,4±12,7
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	26,9±2,4	27,6±3,3
Стенокардия, средний ФК	2,2±0,6	2,6±1,1
Стабильная стенокардия напряжения	8/67%	19/86%
Инфаркт миокарда в анамнезе	6/50%	11/50%
Артериальная гипертензия	8/66%	13/59%
Сахарный диабет	2/16%	2/9%
Атеросклероз периферических артерий	2/16%	4/18%
Дислипидемия	3/25%	4/18%

Таблица 2. Функциональное состояние больных 1 и 2 группы.

Показатели	1 группа	2 группа	p
АД систол., мм ртст	155,4±38,5	154,3±35,6	0,9
АД диаст., мм ртст	87,9±27	89±15	0,9
ЧСС, уд/мин	71±5,1	70±9,2	0,9
КДО, мл	115±21	110±26	0,8
КСО, мл	46±9,9	49±15	0,8
ФВ,%	58±3,7	55±4,8	0,6
ИНСС	1,09±0,08	1,18±0,13	0,6

Таблица 3. Показатели диастолической функции левого желудочка

Показатели	1 группа	2 группа	P
E, см/сек	73,4±13,8	78,5±27	0,2
A, см/сек	85±36	90±14	0,5
Время замедления (DT), мсек	189±36	178±36	0,4
Время изоволюметрического расслабления (IVRT), мсек	95,7±11	98,7±15	0,6
S/D	1,3±0,4	1,2±0,2	0,3
E/A	0,99±0,4	0,95±0,2	0,6
E/e	7,5±2,0	9±3,9	0,2
Коэффициент жесткости	0,43±0,09	0,45±0,1	0,5
Индекс Tei	0,56±0,1	0,62±0,1	0,05

ных с многососудистым поражением коронарных артерий была более тяжелой степени (по отношению E/e). Последний показатель отражает повышенное давление в левом предсердии при повышении более 8. Единственно, индекс Tei был увеличен выше нормы в обеих группах и выше во второй группе, чем в первой (p=0,05) (Рис. 1).

Как видно из рисунка, у всех больных было поражение ПКА, системы огибающей артерии, у 77% поражение передней межжелудочковой артерии.

Деформация миокарда в состоянии покоя была снижена у больных 1 и 2 группы. В 1 группе усредненная де-

формация была  $-15,5 \pm 2,02\%$ , во 2 группе —  $14,9 \pm 2,5\%$  (p=0,1). При измерении деформации миокарда в различных позициях разницы между группами также не было (Рис. 2).

Как видно из представленных данных, в группе больных с многососудистым поражением деформация миокарда в состоянии покоя была ниже, чем у больных с однососудистым поражением. Наличие локальной асинергии миокарда сопровождается снижением деформации миокарда левого желудочка. Больным 1 и 2 группы проводилась стресс-эхокардиография с нагрузкой на тредмилле (таблица 4).

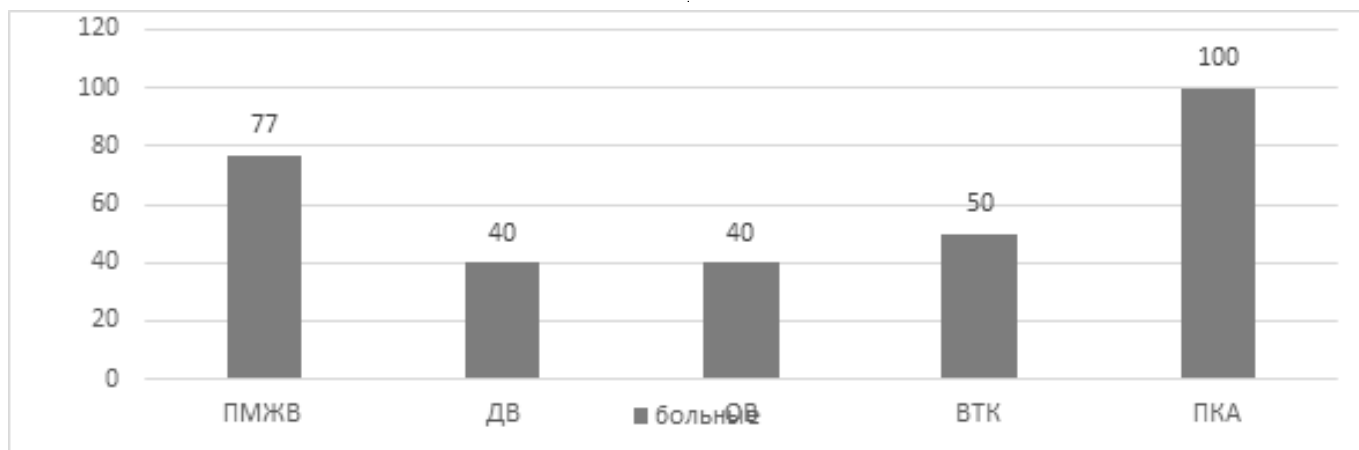


Рис. 1. Распределение больных по поражению коронарных артерий во 2 группе больных.

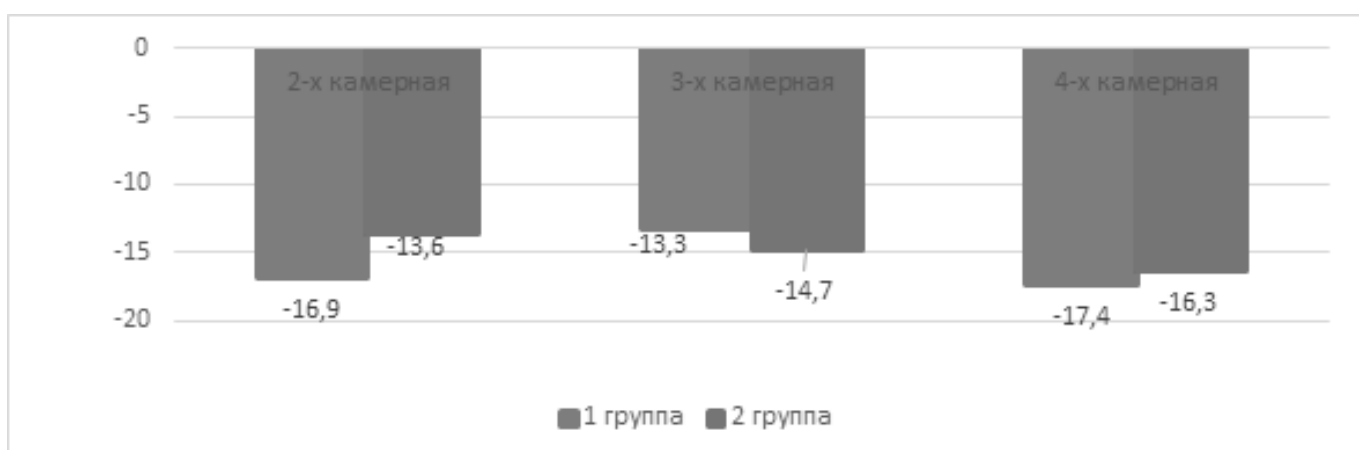


Рис. 2. Деформация миокарда в состоянии покоя в двух группах больных

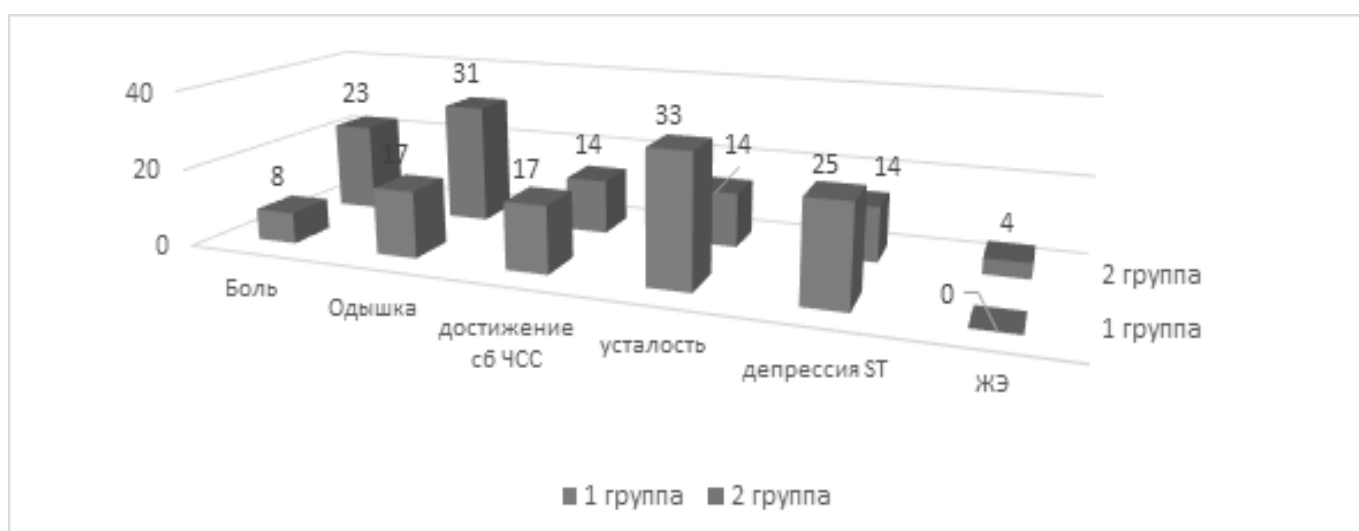


Рис. 3. Критерии прекращения пробы с нагрузкой на тредмиле

Таблица 4. Результаты стресс-ЭхоКГ с тредмиллом

Показатели	1 группа	2 группа	p
ЧСС исходно, уд/мин	71±5,1	70±9,2	нд
КДО исходно, мл	115±21	110±26	нд
КСО исходно, мл	46±9,9	49±15	нд
ФВ исходно,%	58±3,7	55±4,8	нд
Порог толерантности, mets	6,65±1,5	5,4±1,1	0,01
Макс. ЧСС, уд/мин	128±10,4	127,5±17	нд
Время нагрузки, мин	4,0±1,8	3,3±1,3	0,2
КДО п/е нагрузки, мл	100±20	108±20	нд
КСО п/е нагрузки, мл	44±10	56±16	0,02
ФВ п/е нагрузки,%	56±7	48±9,4	0,01

Таблица 5. Деформация миокарда до и после нагрузки

Показатели	1 группа			2 группа		
	до	после	P	до	после	P
ДФ 2-х	16,9±3,6	14,9±3,1	0,1	13,6±2,9	8,3±2,7	0,0001
ДФ 3-х	13,3±0,4	12,2±5,8	0,009	14,7±2,6	10,1±3,2	0,0001
ДФ 4-х	17,4±4,6	11,9±4,7	0,5	16,3±2,9	13,4±3,8	0,006
Усредненная ДФ	15,9±2,0	13,0±4,5	0,02	14,9±2,5	10,2±3,2	0,0001

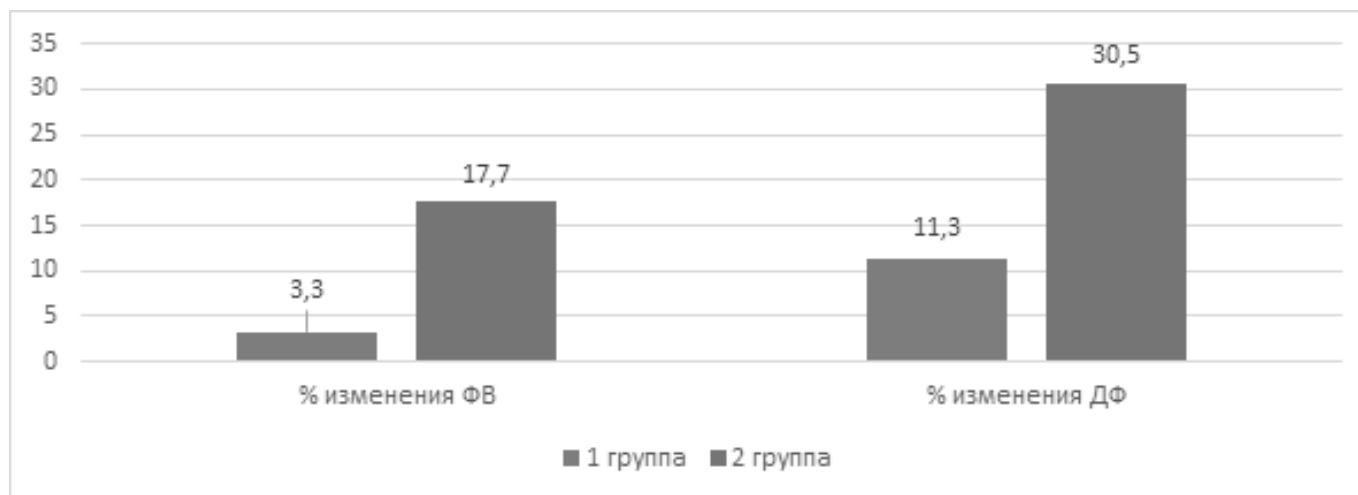


Рис. 4. Степень уменьшения ФВ и деформации миокарда

По исходным параметрам 1 и 2 группы не различались. Несмотря на различное поражение коронарных артерий, достижение максимальной ЧСС в среднем по группе существенно не различалось между группами. Время нагрузки у них было разным, во 2 группе меньше, чем в 1 группе, но статистически незначимо. Порог толерантности к физической нагрузке в 1 группе был выше, чем во 2 группе (p=0,01).

Критерием прекращения пробы явилось достижение субмаксимальной ЧСС, усталость, приступ стенокардии, изменения сегмента ST, появление желудочковых нарушений ритм сердца, одышка (Рис3). На рисунке показано, что в обеих группах только у 17% и 14% больных критерием прекращения пробы явилось достижение субмаксимальной ЧСС, явные признаки ишемии миокарда (боль, одышка, депрессия сегмента ST, провокация

Таблица 6. Показатели диастолической функции левого желудочка до и после нагрузки.

Показатели	1 группа			2 группа		
	до	после	P	до	после	P
E, см/сек	73,4±13,8	82,6±19,7	0,19	78,5±27	82,4±13,8	0,54
A, см/сек	85±36	84,9±27	0,9	90±14	82,6±31	0,31
DT, мсек	189±36	157,5±47	0,07	178±36	131,6±30	0,0001
IVRT, мсек	95,7±11	80,2±18	0,01	98,7±15	79,6±24	0,002
A <sub>r</sub> , см/сек	27,7±5,7	35,9±10	0,02	26±3,6	31,4±6,8	0,02
S/D	1,3±0,4	1,3±0,2	1,0	1,2±0,2	1,2±0,34	1,0
E/A	0,99±0,4	1,02±0,3	0,8	0,95±0,2	1,3±1,1	0,14
E/e	7,5±2,0	6,9±2,1	0,48	9±3,9	9,5±1,3	0,8
Коэффициент жесткости	0,43±0,09	0,64±0,47	0,14	0,45±0,1	0,66±0,17	0,0001
Индекс Tei	0,56±0,1	0,58±0,18	0,7	0,62±0,1	0,75±0,21	0,01

желудочковой экстрасистолии) были у большинства — 50% в 1 группе и 72% во 2 группе ( $p=0,2$ ).

После нагрузки по ЭхоКГ происходит небольшое уменьшение КДО в обеих группах, изменения же КСО было противоположным (уменьшение КСО в 1 группе ( $p=0,6$ ) и увеличение КСО во 2 группе, ( $p=0,14$ ). Реакция на нагрузку была у них идентичной (независимо от степени поражения коронарных артерий) — усредненная деформация миокарда уменьшилась значительно в обеих группах больных (1 группа —  $p=0,02$ , 2 группа —  $p=0,0001$ ) (таблица 5).

Степень изменения ФВ и деформации миокарда по сравнению с исходным значением показана на рисунке 4.

Внутри групп разница между снижением ФВ и снижением деформации миокарда была статистически достоверной — в пользу последнего показателя (1 группа — степень снижения ФВ —  $3,3\pm 12,5\%$  и степень снижения Str-  $11,3\pm 3,2\%$ ,  $p=0,007$ ; 2 группа — соответственно  $17,7\pm 26\%$  и  $30,5\pm 20,3$ ,  $p=0,01$ ). После нагрузки изменения показателей диастолической функции при стресс-ЭхоКГ с нагрузочной пробой у больных 1 и 2 групп представлены в таблице 6.

В 1 группе больных отмечается все же ухудшение в виде перехода из 1 степени с повышенным давлением в левом предсердии во 2 степень нарушения ДФ (развитие псевдонормализации) с увеличением коэффициента жесткости ( $p=0,0001$ ). Также в отличие от 1 группы у больных 2 группы нагрузочный тест сопровождается увеличением индекса Tei ( $p=0,01$ ).

Обсуждение полученных результатов. Эхокардиографическая оценка регионарной функции миокарда играет решающую роль в диагностике и лечении ИБС и в большинстве случаев опирается на визуальное обна-

ружение аномалии движения эндокарда и оценке ФВЛЖ. Однако этот подход субъективен и оператор зависим, требуется оптимальная визуализация эндокарда, и зависит от изменения сердечной нагрузки и частоты сердечных сокращений. Существует необходимость в объективном, всеобъемлющем, неинвазивном измерении показателей функции миокарда и его сократительной способности с приемлемой интерпретативной изменчивостью. Допплеровская визуализация ткани, которая измеряет скорость движения миокарда во время систолы и диастолы используется для количественной оценки функции желудочков и более чувствительна к тонким изменениям сократимости, чем фракция выброса [10–13].

Нарушения деформации миокарда видны в начале развития многих патофизиологических состояний, в том числе и при ишемии, и могут обеспечить чувствительное средство для обнаружения региональной дисфункции миокарда. При ишемии миокарда самые ранние изменения проявляются в субэндокардиально расположенных продольных мышцах левого желудочка, функциональное состояние которых можно анализировать посредством определения деформации миокарда как в режиме тканевой доплерографии, так и в 2D-серошкальном режиме [15–19].

Деформация миокарда может быть полезна в определении тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС.

Заключение: таким образом, деформация миокарда и скорость деформации миокарда являются объективными и значимыми показателями функционального состояния миокарда левого желудочка. Изменения деформации миокарда при стресс-эхокардиографии является значимым маркером наличия ишемии миокарда и определяет степень тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС. При однососудистом поражении коронарных артерий в покое деформация миокарда несколь-

ко снижена, а при многососудистом поражении она резко снижена. При стрессэхокардиографии с нагрузочной пробой у больных ИБС степень ухудшения деформации миокарда превышает степень снижения ФВ, так при од-

нососудистом поражении коронарных артерий степень снижения ФВ составила 3,3%, а степень снижения деформации миокарда — 11,3%, а при многососудистом поражении — 17,7% и 30,5%, соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aboukhoudir I, Rekik S. Biphasic reaction to dobutamine stress echocardiography as a predictor of coronary artery spasm: Apropos of 3 cases//Ann CardiolAngeiol (Paris). 2015 Nov;64(5): p372–377. DOI: 10.1016/j.ancard.2015.09.028.
2. El Mahmoud R, Mansencal N, Dubourg O. A patient with chest pain during dobutamine stress echocardiography//Eur Heart J. 2014 Mar;35(12):757. doi: 10.1093/eurheartj/eh473.
3. Minoshima M, Noda A, Kobayashi M, Miyata S, Hirashiki A, Okumura T, et.al. Endomyocardial radial strain rate imaging during dobutamine stress echocardiography for the evaluation of contractile reserve in patients with dilated cardiomyopathy//J Clin Ultrasound. 2016 Nov 12;44(9): p555–560. doi: 10.1002/jcu.22376. Epub 2016 Jul 14.
4. Abram S, Arruda-Olson AM, Scott CG, Pellikka PA, Nkomo VT, Oh JK, et.al. Typical blood pressure response during dobutamine stress echocardiography of patients without known cardiovascular disease who have normal stress echocardiograms. //Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2016 May;17(5):557–63. doi: 10.1093/ehjci/jev165. Epub 2015 Jul 22.
5. Hoogslag GE, Joyce E, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V.// Assessment of global left ventricular excursion using three-dimensional dobutamine stress echocardiography to identify significant coronary artery disease/ J. Echocardiography 2016 Oct;33(10): p1532–1538. doi: 10.1111/echo.13285. Epub 2016 Jun 16.
6. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A. Exercise echocardiography//World J Cardiol. 2010 Aug 26;2(8): p223–232. doi: 10.4330/wjc.v2.i8.223.
7. Асымбекова Э. У. /Диагностика и тактика лечения больных ИБС с обратимыми формами дисфункции миокарда левого желудочка// Автореф. дисс. д-ра. мед.наук. Москва; 1999. Asymbekova E. U. / Diagnosis and treatment of patients with coronary artery disease with reversible forms of left ventricular myocardial dysfunction. Author. diss. dr. med. Moscow, 1999
8. Бузиашвили Ю. И., Асымбекова Э. У., Мадалимов Р. Р., Рахмихудова Н. Г., Шерстянникова О. М., Ахмедярова Н. К. Состояние диастолической функции левого и правого желудочков у больных ИБС и ее изменения под влиянием ингибитора ангиотензинпревращающего фермента // Бюллетень НЦССХ им. А. Н. Бакулева ПАМН Сердечно-сосудистые заболевания. 2011. Т. 12. № 2. С. 33–43. Buziashvili Yu. I., Asymbekova E. U., Madalimov RR, Rakhmihudoeva N. G., Sherstyannikova OM, Akhmedyarova N. K. The state of the diastolic function of the left and right ventricles in patients with coronary artery disease and its changes under the influence of an angiotensin-converting enzyme inhibitor // Bulletin NTSSSH them. A. N. Bakulev RAMS Cardiovascular diseases. 2011. V. 12. No. 2. S. 33–43.
9. Wierzbowska-Drabik K, Trzos E, Kurpesa M, Rechcinski T, Miskowicz D, Cieslik-Guerra U, Uznanska-Loch B, Sobczak M, Kasprzak JD. Diabetes as an independent predictor of left ventricular longitudinal strain reduction at rest and during dobutamine stress test in patients with significant coronary artery disease// Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017 Dec 9. doi: 10.1093/ehjci/jex315.
10. Scharrenbroich J, Hamada S, Keszei A, Schröder J, Napp A, Almalla M1, et.al. Use of two-dimensional speckle tracking echocardiography to predict cardiac events: Comparison of patients with acute myocardial infarction and chronic coronary artery disease//J. ClinCardiol. 2018 Jan;41(1):111–118. doi: 10.1002/clc.22860. Epub 2018 Jan 23.
11. Ng AC, Thomas L, Leung DY. Tissue Doppler echocardiography//J. Minerva Cardioangiol. 2010 Jun;58(3):357–78. doi: 10.1016/j.ahj.2009.09.010. Epub 2009 Oct 3.
12. Aggeli C, Lagoudakou S, Felekos I, Panagopoulou V, Kastellanos S, Toutouzias K, et.al. Two-dimensional speckle tracking for the assessment of coronary artery disease during dobutamine stress echo: clinical tool or merely research method. //J. Cardiovasc Ultrasound. 2015 Oct 24;13:43. doi: 10.1186/s12947–015–0038-z.
13. Rumbinaite E, Zaliaduonyte-Peksiene D, Lapinskas T, Zvirblyte R, Karuzas A, Jonauskienė I, et.al. Early and late diastolic strain rate vs global longitudinal strain at rest and during dobutamine stress for the assessment of significant coronary artery stenosis in patients with a moderate and high probability of coronary artery disease// JournalEchocardiography. 2016 Oct;33(10): p 1512–1522. doi: 10.1111/echo.13282. Epub 2016 Jun 16.
14. Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? // J AmCollCardiol. 2006 Apr 4;47(7): p 1313–1327. Epub 2006 Mar 20. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.11.063
15. Jamal F, Sutherland GR, Weidemann F, D'hooge J, Bijns B, Derumeaux G. Can changes in systolic longitudinal deformation quantify regional myocardial function after an acute infarction? An ultrasonic strain rate and strain study. J Am SocEchocardiogr. 2002;15:723–730.
16. Williams RI, Payne N, Phillips T, D'hooge J, Fraser AG. Strain rate imaging after dynamic stress provides objective evidence of persistent regional myocardial dysfunction in ischaemic myocardium: regional stunning identified? Heart. 2005;91:152–160. DOI: 10.1136/hrt.2003.027490
17. Liang HY, Cauduro S, Pelliikka P, Wang J, Urheim S, Yang EH, et.al. Usefulness of two-dimensional speckle strain for evaluation of left ventricular diastolic deformation in patients with coronary artery disease. Am J Cardiol. 2006;98:1581–1586. DOI: 10.1016/j.amjcard.2006.07.038
18. Zhang L, Wu WC, Ma H, Wang H. Usefulness of layer-specific strain for identifying complex CAD and predicting the severity of coronary lesions in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: Compared with Syntax score.// Int J Cardiol. 2016 Nov 15;223: p1045–1052. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.08.277. Epub 2016 Aug 18.
19. Chang WT, Tsai WC, Liu YW, Lee CH, Liu PY, Chen JY, Li YH, Tsai LM. Changes in right ventricular free wall strain in patients with coronary artery disease involving the right coronary artery// J Am SocEchocardiogr. 2014 Mar;27(3): p 230–238. doi: 10.1016/j.echo.2013.11.010. Epub 2013 Dec 11.

20. Liu C, Li J, Ren M, Wang ZZ, Li ZY, Gao F, Tian JW. Multilayer longitudinal strain at rest may help to predict significant stenosis of the left anterior descending coronary artery in patients with suspected non-ST-elevation acute coronary syndrome. // *Int J Cardiovasc Imaging*. 2016 Dec;32(12): p 1675–1685. Epub 2016 Aug 13. DOI: 10.1007/s10554-016-0959-0
21. Muramatsu T, Nishimura S, Yamashina A, Nishimura T Relation between prognosis and myocardial perfusion imaging from the difference of end-point criterion for exercise stress testing: a sub-analysis of the J-ACCESS study// *JournalCardiol*. 2010 Jul; 56 (1): p 51–8 DOI: 10.1016/j.jjcc.2010.02.005
22. Roushdy A, Abou El SeoudY, AbdElrahman M, Wadea B, Eletriby A, Abd El Salam Z. The additional utility of two-dimensional strain in detection of coronary artery disease presence and localization in patients undergoing dobutamine stress echocardiogram. *Echocardiography*. 2017 Jul;34(7): p 1010–1019. doi: 10.1111/echo.13569. Epub 2017 May 26.
23. Wierzbowska-Drabik K, Plewka M, Kasprzak JD. Variability of longitudinal strain in left ventricular segments supplied by non-stenosed coronary artery: insights from speckle tracking analysis of dobutamine stress echocardiograms in patients with high coronary risk profile. *ArchMedSci*. 2017 Feb 1;13(1): p 82–92. doi: 10.5114/aoms.2016.60603. Epub 2016 Jun 14
24. Voigt JU, ExnerB, Schmiedehausen K, Huchzermeyer C, Reulbach U, Nixdorff U, Platsch G, Kuwert T, Daniel WG, Flachskampf FA. Strain-rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia//*Journal Circulation*. 2003 Apr 29;107(16): p 2120–2126. Epub 2003 Apr 7. DOI: 10.1161/01.CIR.0000065249.69988.AA
25. Norum IB, Ruddox V, Edvardsen T, OtterstadJE. Diagnostic accuracy of left ventricular longitudinal function by speckle tracking echocardiography to predict significant coronary artery stenosis. A systematic review. *BMC Med Imaging*. 2015 Jul 25;15:25. doi: 10.1186/s12880-015-0067-y.p 1–12

© Пирцхалава Софиа Давидовна ( sofiko0311@yandex.ru ), Асымбекова Эльмира Уметовна, Шахназарян Лусине Самвеловна,  
Юсуфов Борис Тельманович, Бузиашвили Юрий Иосифович,  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

