

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 575.113:616.12-007.61

Е.Н. Павлюкова, В.Ю. Егорова

E-mail: vika7878@mail.ru

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА В РЕЖИМЕ STRAIN И STRAIN RATE ПРИ СТРЕСС-ЭХОКАРДИОГРАФИИ С ДОБУТАМИНОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ СТЕНОЗА КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

ГУ НИИ кардиологии Томского научного центра
СО РАМН

ВВЕДЕНИЕ

Тканевая доплерография является перспективной методикой в неинвазивной оценке сегментарной систолической и диастолической функции миокарда и позволяет количественно оценить скорости движения и деформационные свойства сегментов. Режим цветного тканевого доплеровского картирования (ЦТДК) помимо оценки миокардиальных скоростей позволяет оценить процент деформации миокарда (Strain) и скорость деформации миокарда (Strain Rate). Теоретически деформационные свойства миокарда могут быть определены для всех волокон миокарда, как для продольно ориентированных, так и для поперечных и косых [1], но в данном исследовании мы изучили только деформационные свойства продольных волокон миокарда. Оценка деформации миокарда имеет преимущества по сравнению с оценкой сегментарных скоростей движения миокарда и полуколичественным анализом локальной сократимости в В-режиме, так как не зависит от эффекта привязи соседних сегментов, а также от смещения сердца в грудной клетке на протяжении сердечного цикла [2]. Возможности клинического применения режимов Strain и Strain Rate при ишемической болезни сердца (ИБС) в настоящее время остаются малоизученными.

Цель исследования – оценить диагностическое значение режимов Strain и Strain Rate в диагностике гемодинамически значимого стеноза коронарных артерий (КА) при пробе с добутамином у больных без

признаков нарушения локальной сократимости левого желудочка в покое.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Анализ выполнен у 53 пациентов с сердечно-болевым синдромом. Всем обследованным лицам с целью верификации ИБС была выполнена коронаровентрикулография. Стенозирование менее 50% одной и более КА обнаружено у 24 больных (группа I), более 50% – у 29 больных (группа II). Пациенты обеих групп статистически значимо не различались по возрасту ($51,88 \pm 6,07$ лет vs $46,66 \pm 7,89$ лет) и фракции выброса левого желудочка (ЛЖ) [$62,65 \pm 7,61\%$ vs $61,57 \pm 8,31\%$]. Клиническая характеристика обследованных лиц приведена в табл. 1. Критериями исключения из исследования служили желудочковые нарушения ритма сердца III–V градаций по Lown-Wolf, постоянная форма фибрилляции предсердий, атриовентрикулярные блокады II–III степени, блокада ножек пучка Гиса, нестабильная стенокардия, инфаркт миокарда, патология легких, врожденные пороки сердца, клапанные поражения сердца, тяжелые заболевания печени, крови, эндокринных органов.

Таблица 1

Клиническая характеристика обследованных лиц

Показатель	Группа I (n=24) M±SD	Группа II (n=29) M±SD
Средний возраст, лет	46,6±7,8	51,8±6,1
Артериальное давление: систолическое АД, мм рт. ст.	130,8±15,8	131,3±19,0
диастолическое АД, мм рт. ст.	83,6±6,0	81,115±9,8
Уровень глюкозы, ммоль/л	5,1±0,3	5,106±0,5
Данные ЭхоКГ: КДО, мл	114,9±18,7	115,1±21,4
КСО, мл	44,9±9,6	41,8±14,1
ФВ (Simpson)	61,5±7,6	63,1±8,9
E/Amitr, усл.ед.	1,2±0,2	0,9±0,3
ВИР, мс	72,2±13,8	80,6±16,0
Велозерометрия ТФН, ватт	115,9±35,8	78,7±35,1

Методы исследования включали проведение стандартной эхокардиографии (ЭхоКГ), стресс-эхокардиографии с добутамином и коронаровентрикулографии.

Эхокардиографические исследования проведены на ультразвуковой системе VIVID 7 (GE). Стандартная ЭхоКГ выполнена в двухмерном режиме с оценкой локальной сократимости в серошкальном изображении (СШИ) и расчетом конечного систолического объема (КСО), конечного диастолического объема (КДО) и фракции выброса (ФВ) ЛЖ по Simpson на

уровне двух камер, четырех камер и по длинной оси ЛЖ из апикальной позиции [9]. Регистрация ЭхоКГ проводилась синхронно с записью ЭКГ. С целью оценки сегментарной сократимости левый желудочек условно был поделен на 18 сегментов (три уровня по шести стенкам). На основании визуальной оценки СШИ выделялись зоны нормокинеза (1), гипокинеза (2), акинеза (3) и дискинеза (4).

Перед введением добутина оценивалось состояние больного, регистрировалась ЭКГ в двенадцати отведениях, проводилась эхокардиография и оценивалась визуализация миокарда левого желудочка. Всем пациентам после подписания информированного согласия вводился фармпрепарат добутин фирмы «Solvay» в дозе 5 мкг/кг/мин в течение 3 минут с последующим увеличением дозы до 10 мкг/кг/мин, 20 мкг/кг/мин, 40 мкг/кг/мин каждые 3 минуты до появления критериев прекращения нагрузки. У всех обследованных лиц была достигнута субмаксимальная ЧСС. Тканевое доплеровское исследование миокарда выполнено в режиме двухмерного цветного тканевого доплеровского картирования с последующей постобработкой на EchoPAC.PC в режимах Strain Rate/Strain (SR/S). В режиме Strain рассчитывали процент деформации каждого сегмента в конце систолы [10]. Скорость деформации в систолу каждого из 18 сегментов ЛЖ оценивали в режиме Strain Rate.

С целью снижения погрешности и повышения воспроизводимости результатов показатели кривых Strain и Strain Rate были определены в 3 последовательных сердечных циклах, после чего данные усреднялись. Сердечные циклы с желудочковыми и наджелудочковыми экстрасистолами, а также с любыми нарушениями ритма сердца были исключены. Эхокардиография в режиме тканевого доплеровского изображения миокарда выполнена в покое и на каждом этапе добутиновой пробы.

В нашем исследовании мы сравнили данные коронаровентрикулографии как «золотого стандарта» диагностики коронарного атеросклероза с данными тканевого доплеровского исследования. При определении локализации коронарного атеросклероза

каждый сегмент относили к зоне кровоснабжения одного из трех коронарных сосудов следующим образом: для поражения левой переднениходящей артерии (ПНА) считали специфичными нарушения функции во всех сегментах передней, переднеперегородочной стенок, в среднем и верхушечном сегменте – заднеперегородочной локализации; для правой коронарной артерии (ПКА) – во всех нижних сегментах и базальном заднеперегородочном сегментах; для огибающей артерии (ОА) – во всех боковых и задних сегментах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика гемодинамического ответа на введение добутина представлена в табл. 2.

У 21 пациента группы II на последнем этапе добутиновой пробы выявлено появление зон нарушения локальной сократимости. В режиме ЦТДК в покое и на каждом этапе добутиновой пробы анализ выполнен у 793 сегментов ЛЖ. По результатам коронаровентрикулографии 221 сегмент ЛЖ кровоснабжался коронарной артерией, стенозированной на 50% и более. При анализе результатов тканевой доплерографии удалось выявить ряд особенностей. В покое значения процента деформации и скорости деформации миокарда были достоверно ниже в сегментах, кровоснабжаемых артерией, имеющей гемодинамически значимое сужение ($-21,56 \pm 6,36$ и $-16,55 \pm 6,34$ – в режиме Strain, $-1,44 \pm 0,61$ и $-1,16 \pm 0,42$ – в режиме Strain Rate, $p < 0,0001$). При введении малых доз добутина (табл. 3, 4) наблюдалось статистически значимое ($p < 0,001$) увеличение процента и скорости деформации миокарда во всех сегментах, однако значения Strain и Strain Rate были ниже в сегментах с недостаточным кровоснабжением (рис. 1).

При введении максимальной дозы добутина на этапе достижения субмаксимальной ЧСС дальнейшего прироста процента деформации миокарда не выявлено. Необходимо отметить, что в сегментах с недостаточным кровоснабжением значения Strain% на этапе достижения субмаксимальной ЧСС достоверно не отличались от показателей в покое ($p = 0,058$),

Таблица 2

Характеристика гемодинамического ответа на введение добутина

Показатель	Группа I (n=24)		Группа II (n=29)	
	Покой, М±SD	40 мкг/кг/мин, М±SD	Покой, М±SD	40 мкг/кг/мин, М±SD
ЧСС, уд./мин	64,8±5,8	131,8±8,9	67,0±9,5	128,0±19,4
САД, мм рт. ст.	125,7±16,7	154,2±28,3	138,6±19,8	165,1±21,3
ДАД, мм рт. ст.	80,9±7,1	83,4±12,1	83,5±11,7	91,6±12,4
КДО, мл	114,9±18,7	97,2±22,2	115,1±21,4	112,9±29,9
КСО, мл	44,9±9,6	29,0±10,1	41,8±14,1	36,8±13,4
ФВЛЖ, %	61,5±7,6	71,4±5,9	63,1±8,9	67,3±7,4
ИЛС	1,0	1,0	1,0	1,17±0,27

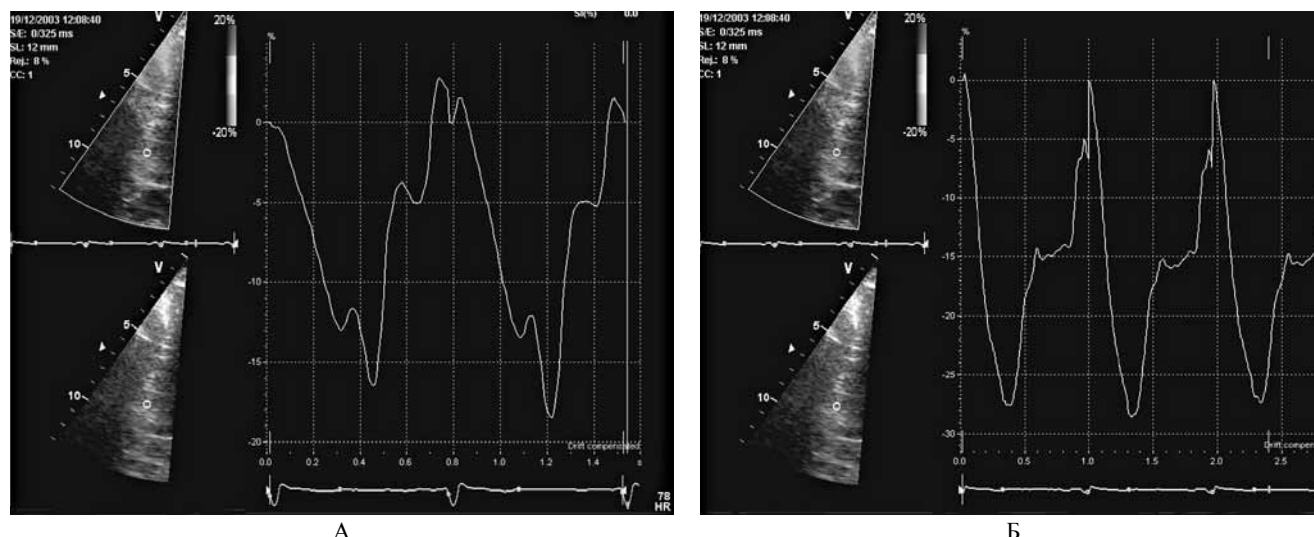


Рис. 1. Strain базального сегмента нижней стенки ЛЖ при введении 10 мкг/кг/мин добутина
А – есть стеноз ПКА 75%, выявлено снижение процента деформации миокарда в конце систолы и появление волны постсистолического утолщения. Б – стенозирование ПКА отсутствует

Таблица 3

Таблица 4

Значения процента деформации миокарда (Strain) при стресс-эхокардиографии с добутином в зависимости от степени стеноза коронарных артерий

Этапы введения добутина	Strain% при стенозе КА менее 50% M±SD	Strain% при стенозе КА более 50% M±SD	Уровень значимости P
покой	-21,56±6,36	-16,55±6,34	0,001
10 мкг/кг/мин	-23,68±6,53	-18,67±6,44	0,007
40 мкг/кг/мин	-24,24±5,42	-17,90±5,12	0,0004

Значения скорости деформации миокарда (Strain Rate) при стресс-эхокардиографии с добутином в зависимости от степени стеноза коронарных артерий

Этапы введения добутина	Strain Rate с ⁻¹ при стенозе КА менее 50% M±SD	Strain Rate с ⁻¹ при стенозе КА более 50% M±SD	Уровень значимости P
покой	-1,44±0,61	-1,16±0,42	0,021
10 мкг/кг/мин	-2,44±1,08	-1,74±0,71	0,0006
40 мкг/кг/мин	-2,90±0,96	-2,40±0,82	0,004

тогда как Strain% в сегментах, кровоснабжаемых артерией без гемодинамически значимого сужения, был достоверно выше, чем в покое (-21,56±6,36 и -24,24±5,42, $p<0,0001$) и достоверно не отличался от значений Strain% при введении малых доз добутина (-24,24±5,42 и -23,68±6,53, $p=0,195$); табл. 3.

Скорость деформации миокарда на этапе достижения субмаксимальной ЧСС увеличилась во всех сегментах, однако в сегментах, имеющих кровоснабжение стенозированной более 50% артерией, значения скорости деформации миокарда были ниже по сравнению с остальными сегментами (табл. 4).

Полученные нами результаты согласуются с данными экспериментальных исследований F. Weidemann с соавт. [8], показавшими, что процент сегментарной деформации взаимосвязан с фракцией выброса и ударным объемом. Прирост процента деформации миокарда объясняется увеличением ударного объема при введении малых доз добутина. При последующем увеличении дозы добутина ударный объем не изменяется, а МО (минутный объем) увеличивается преимущественно за счет увеличения

ЧСС. Отсутствие прироста процента деформации миокарда при увеличении дозы добутина отражает этот процесс. При достижении субмаксимальной ЧСС объем полости ЛЖ уменьшается за счет резкого укорочения диастолы, в связи с этим наблюдается снижение УО. В эксперименте доказано [8], что значения максимальной систолической скорости деформации коррелируют с dp/dt ЛЖ. Соответственно, режим Strain Rate более чувствителен к инотропным изменениям. Скорость деформации миокарда в режиме Strain Rate увеличивается пропорционально увеличению дозы добутина.

В данном исследовании подтверждено влияние коронарного кровотока на показатели сегментарной сократимости левого желудочка. Нами показана зависимость значений Strain от степени стенозирования КА, что согласуется с данными Voight с соавт. также обнаружившими снижение процента деформации миокарда в ишемизированных сегментах при введении добутина [6, 7].

Нами была проанализирована чувствительность, специфичность и прогностическая ценность Strain в

топической диагностике стенозирующего атеросклероза коронарных артерий. Критерий Strain менее 20,0% при достижении субмаксимальной ЧСС является высокоспецифичным в диагностике стенозирующего поражения всех трех коронарных сосудов. Наибольшая чувствительность этого показателя отмечена для ПНА, наименьшая – для огибающей артерии (табл. 5).

Таблица 5

Чувствительность, специфичность и прогностическая ценность Strain менее 20,0% в диагностике гемодинамически значимого стенозирования КА

Показатель	ПНА	ПКА	ОА
Чувствительность	75,4%	56%	34,6%
Специфичность	81,8%	95%	94%
Прогностическая ценность положительного результата	67%	58%	75%
Прогностическая ценность отрицательного результата	90,9%	95,2%	73,4%

Нами выявлено, что наибольшая чувствительность, специфичность и диагностическая точность значений Strain наблюдается при гемодинамически значимом стенозировании передней нисходящей коронарной артерии. Низкая чувствительность при стенозировании других КА может быть объяснена наличием между ОА и ПКА выраженной коллатеральной сети, особенно у больных с длительным анамнезом ИБС [5].

Таким образом, снижение процента деформации миокарда менее 20% при достижении субмаксимальной ЧСС позволяет диагностировать гемодинамически значимое стенозирование ПНА и ПКА с наибольшей чувствительностью и специфичностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moore C.C., Lugo-Olivieri C.H., McVeigh ER, Zerhouni E.A. Three-dimensional systolic strain patterns in the normal human left ventricle: characterization with tagged MR imaging. *Radiology* 2000; 214:453-66.
2. Urheim S., Edvardsen T., Torp H., Angelsen B., Smiseth O.A. Myocardial strain by Doppler echocardiography: validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000;102:1158-64.
3. Gorsan J., Gualti V., Mandarino W., Katz W.E. Color-coded measures of myocardial velocity throughout cardiac cycle by tissue Doppler imaging to quantify regional left ventricular function. *American Heart Journal* 1996, 131:1203-1213.

4. Madler C.F., Payne N., Wilkenshoff U., Cohen A., Derumeaux G.A., Pierard L.A., Sutherland G.R., Non-invasive diagnosis of coronary artery disease by quantitative stress echocardiography: optimal diagnostic models using off-line tissue Doppler in the MIDISE study. *Eur Heart Journal* 2003; 24, 1584-1594.
5. Cain P., Baglin T., Case C., Spicer D., Short L., Marwick T. Application of tissue Doppler interpretation of Dobutamine echocardiography and comparison with quantitative coronary angiography. *Am J Card* 1987; 5; 525-531.
6. Voigt J-U, Exner B., Schmiedehausen K., Huchzermeyer C., Reulbach U., Nixdorff U., et al. Strain rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia. *Circulation* 2003; 107:2120-6.
7. Voigt J.U., Arnold M.F., Karlsson M., Hubbert L., Kulkulski T., Hatle L., et al. Assessment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from Doppler myocardial imaging indexes in normal and infarcted myocardium. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2000;13:588-98.
8. Weidemann F., Jamal F., Sutherland G., et al. Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate. *Am J Physiol*. 2002;283:792–799.
9. Митьков В. УЗИ в клинической практике. Том 5. С. 70-92.
10. Sutherland G. Doppler Myocardial Imaging. Leuven, Belgium. 2002. P. 102-104.

ANALYSIS OF MYOCARDIAL DEFORMATION IN THE STRAIN AND STRAIN RATE REGIMENS DURING STRESS-ECHOCARDIOGRAPHY IN DEPENDENCE ON CORONARY ARTERY STENOSIS GRADE

Ye.N. Pavlyukova, V.Yu. Yegorova

SUMMARY

Possibilities of clinical using of the Strain and Strain Rate regimens in the diagnosis of hemodynamically valuable coronary artery sclerosis during the test with dobutamin in patients with no signs of disturbed left ventricular local contractility at rest were investigated in the study. We analyzed sensitivity, specificity and prognostic value of the Strain in the topic diagnosis of coronary artery stenosing atherosclerosis. The most sensitive is this marker for anterior descending branch of the left coronary artery, the least sensitive is this marker for circumflex artery. The given study results confirmed influence of coronary circulation on left ventricular segmental contractility indices.

Key words: stress-echocardiography, ischemic cardiac disease, myocardial deformation, tissue doppler-ography.