

12. Ong T.Z., Tan H.J. Ultrasonography is not reliable in diagnosing liver cirrhosis in clinical practice. *Singapore Med J* 2003; 44(6): 293–295.

13. Piccinino F., Sagnelli E., Pasquale G., Giusti G. Complications following percutaneous liver biopsy: a multicentre retrospective study on 68,276 biopsies. *J Hepatol* 1986; 2: 165–173.

14. Poniachik J., Bernstein D.E., Reddy K.R., et al. The role of laparoscopy in the diagnosis of cirrhosis. *Gastrointest Endosc* 1996; 43: 568–571.

15. Yeh H. Ch., Stancato-Pasik A., Ramos R., Rabinowitz J.G. Paraumbilical venous collateral circulations: Color Doppler Ultrasound features. *J Clin Ultrasound* 1996 Sep; 24 (7): 359–366.

## Допплеровская визуализация тканей в оценке систолической функции левого желудочка сердца

О.В. Волнова, Г.Е. Гогин, М.Н. Алехин

ФГУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ

Целью работы явилось определение диагностической ценности показателей доплеровской визуализации тканей при оценке систолической функции левого желудочка сердца. В результате исследования было выявлено, что показатели доплеровской визуализации тканей достоверно коррелируют с фракцией выброса левого желудочка. Измерения всех показателей доплеровской визуализации тканей являются высоковоспроизводимыми при проведении исследования одним врачом и разными специалистами (вариабельность измерений составила менее 4%).

**Ключевые слова:** систолическая функция левого желудочка, доплерография.

The aim of the present article is to assess importance of findings after Doppler visualization of tissues for the evaluation of systolic function in the left cardiac ventricle. The research performed has revealed that findings of Doppler tissue visualization reliably correlate with the ejection fraction of the left ventricle. Measurements of all findings at Doppler tissue visualization are highly reproducible if the research is performed by one physician and different specialists (variability in measurements was less than 4%).

**Key words:** systolic function in the left cardiac ventricle, Dopplerography.

Оценка систолической функции (СФ) левого желудочка (ЛЖ) является одной из основных задач эхокардиографического (ЭхоКГ) исследования. В клинической практике наиболее широко для количественной оценки СФ ЛЖ используется фракция выброса (ФВ). Однако у 17–31% больных не удается провести расчеты ФВ ЛЖ из-за неоптимальной визуализации сердца [3, 5]. В таких ситуациях могут быть использованы методы оценки СФ ЛЖ с использованием режимов доплеровской визуализации тканей (ДВТ).

В ряде работ показано, что систолическое смещение основания сердца, а именно фиброзного кольца (ФК) митрального клапана (МК), по направлению к его вершине представляет собой надежный, воспроизводимый и достаточно точный параметр для оценки СФ ЛЖ [2, 4]. ДВТ представляет собой доплеровский режим, позволяющий регистрировать скорости движения различных внутрисердечных структур, в том числе и ФК МК. Исходя из скоростей движения ФК МК может быть определено смещение ФК МК с использованием тканевого следа – нового ЭхоКГ режима, основанного на доплеровской характеристике движения внутрисердечных структур. По данным литературы, существует возможность выявлять больных со значительным снижением СФ ЛЖ по снижению величины смещения ФК МК в режиме тканевого следа. Однако остается невыясненным ряд вопросов, к которым, прежде всего, следует отнести возможность оценки степени систолической дисфункции ЛЖ.

### Цель исследования

Целью работы являлось определение диагностической ценности показателей ДВТ при оценке СФ ЛЖ сердца.

### Материалы и методы исследования

В исследование были включены 224 пациента (118 мужчин и 106 женщин) в возрасте от 21 до 91 года (средний возраст  $65 \pm 4$  лет). Из них 53 (24%) обследованных не предъявляли жалоб, и у них не было выявлено патологии со стороны сердечно-сосудистой системы, в том числе при ЭхоКГ исследовании. У 47 (21%) пациентов диагноз ИБС не ставился, и у них не было объективных признаков ишемии миокарда, основным заболеванием являлась артериальная гипертензия (АГ). Страдали ИБС 58 (26%) пациента, и у 50 (22%) в анамнезе имелось указание на перенесенный инфаркт миокарда, а при ЭхоКГ исследовании выявлялись НЛС ЛЖ. Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП) со значительным снижением СФ ЛЖ была у 16 (7%) больных. У всех пациентов во время обследования регистрировался синусовый ритм.

Критерии исключения: больные с неоптимальной визуализацией сердца при ЭхоКГ исследовании; пациенты с нарушениями ритма и проводимости (мерцательная аритмия, частая экстрасистолия, атрио-вентрикулярные блокады II–III степени, выраженная синусовая аритмия); пациенты с выраженным поражением клапанного аппарата сердца (выраженные недостаточность (4-й степени) и стеноз атриовентрикулярных клапанов); кальциноз ФК МК при размерах кальцинатов 5 мм и более.

В исследование пациентов включали независимо от наличия систолической и диастолической дисфункции ЛЖ. Также не исключали из исследования пациентов с кальцинозом ФК МК, если только размеры кальцината не превышали 5 мм.

Трансторакальная ЭхоКГ проводилась всем пациентам по стандартной методике (В-режим, М-режим, импульсно-

волновая, непрерывно-волновая и цветовая доплерЭх-ОКГ), в положении пациентов на левом боку. Исследования проводились на аппарате *Vivid 7 (General Electric, США)* датчиком М3S с переменной частотой на 1,5/4,0 МГц.

Для количественной оценки общей сократимости ЛЖ у всех пациентов в двухмерном режиме регистрировалась кинопетля из верхушечного доступа в позиции на 4-е камеры, которая использовалась для расчетов диастолического и систолического объемов ЛЖ методом дисков для одноплановой модели (модифицированный алгоритм Симпсона). Расчет объемов ЛЖ проводился в конце диастолы для КДО и в конце систолы для КСО, соответственно фазам сердечного цикла на мониторном отведении ЭКГ. Трассировка эндокарда проводилась по границе эндокарда с кровью, обводя контуры по поверхности эндокарда. ФВ ЛЖ рассчитывалась как отношение изменения объема ЛЖ к диастолическому объему в процентах по формуле:

$$\text{ФВ} = (\text{КДО} - \text{КСО}) / \text{КДО} \times 100\%$$

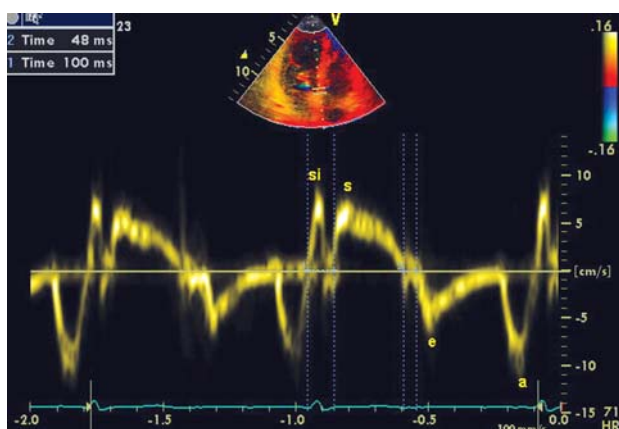
**Импульсно-волновой (ИВ) режим ДВТ** позволяет определить максимальную скорость движения тканей на спектрограмме из конкретной зоны интереса, ограниченной расположением контрольного объема на протяжении сердечного цикла. Всем пациентам проводилось исследование систолической продольной функции ЛЖ, анализируя движение ФК МК в ИВ режиме ДВТ. Контрольный объем (размером 6–8 мм) тканевого доплера размещали в наиболее яркой цветовой зоне ФК – месте соединения стенок ЛЖ со створками митрального клапана в области латеральной и медиальной части ФК МК в апикальной четырехкамерной позиции сердца. Запись проводили на протяжении нескольких последовательных циклов при спокойном дыхании пациента. Допплерограмма движения ФК МК состоит из трех основных пиков (рис.1): систолического и двух диастолических пиков, противоположно направленных.

Для анализа СФ ЛЖ измеряли максимальные систолические скорости движения латеральной и медиальной частей ФК МК. Затем вычисляли среднее значение скорости движения ФК МК в систолу.

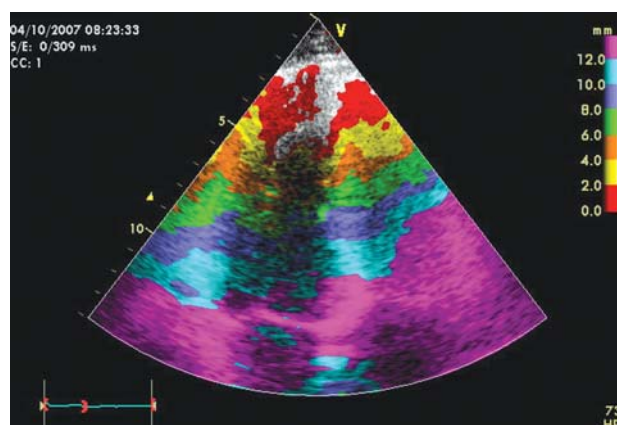
**ДВТ в режиме тканевого следа (tissue tracking).** Тканевой след отражает интеграл скорости движения конкретного участка ткани (миокарда) во время систолы. Этот интеграл равен пройденному конкретным участком ми-

окарда расстоянию вдоль оси доплеровского сканирования за время систолы. Для адекватной работы данного режима обязательным условием является одновременная регистрация хотя бы одного отведения ЭКГ на экране монитора ультразвукового сканера. Это необходимо для определения начала и конца систолы желудочков. Тканевой след позволяет быстро оценить амплитуду продольного смещения миокарда желудочков и других сердечных структур по направлению от основания сердца к его верхушке во время систолы желудочков. Оценка проводится из верхушечного доступа шкалой из различных цветов. Каждый цвет кодирует определенную амплитуду продольного смещения в систолу желудочков с последовательным ее увеличением от цвета к цвету. Пределы амплитуды смещения, кодируемой цветами, могут быть произвольно изменены пользователем (рис. 2).

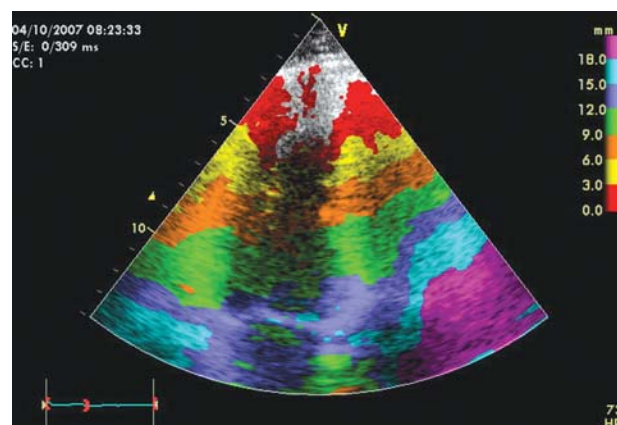
Такая возможность позволяет адаптировать шкалу амплитуды смещения к различным гемодинамическим ситуациям. Мы выбирали шкалу амплитуды смещения таким образом, чтобы она прокрашивала максимальное количество сегментов по направлению от верхушки сердца к его основанию. При регистрации тканевого следа сердца из верхушечного доступа наименьшая амплитуда смещения миокарда наблюдается в зоне верхушки с последовательным увеличением амплитуды смещения



**Рис. 1.** Спектрограмма движения латеральной части ФК МК в ИВ режиме ДВТ из верхушечной позиции на 4 камеры. *si* – пик, соответствующий фазе изоволюмического сокращения. *S* – систолическая волна движения ФК, *e* – движение ФК в раннюю диастолу, *a* – движение ФК в фазу сокращения предсердий.



**А)**



**Б)**

**Рис. 2.** Верхушечный доступ в позиции на 4 камеры в режиме тканевого следа. **А)** Фиброзное кольцо митрального клапана имеет максимальное смещение, превышающее 12 мм. **Б)** Тот же пациент, что и на предыдущем рисунке. Изменена шкала тканевого следа. Фиброзное кольцо митрального клапана окрашено в синий цвет, кодирующий смещение тканей сердца в диапазоне от 12 до 15 мм.

**Показатели ДВТ у обследованных лиц с нормальной СФ ЛЖ (ФВ ЛЖ 50% и более), по сравнению с больными с систолической дисфункцией ЛЖ (ФВ ЛЖ менее 50%) (М (σ))**

Показатель	Скорость движения ФК МК (см/с)		Смещение ФК МК (мм)	
	ФВ ЛЖ более 50% (n=160)	ФВ ЛЖ менее 50% (n=64)	ФВ ЛЖ более 50% (n=160)	ФВ ЛЖ менее 50% (n=64)
медиальная часть ФК МК	7,6 (1,5)	4,8 (1,4) *	12,3 (2,5)	6,5 (2,9) *
латеральная часть ФК МК	8,6 (2,0)	5,2 (1,8) *	12,1 (2,7)	6,6 (2,8) *
среднее значение	8,1 (1,6)	5,0 (1,4) *	12,2 (2,3)	6,5 (2,6) *

\*  $p < 0,001$ , при сравнении между группами с ФВ ЛЖ более 50% и с ФВ ЛЖ менее 50%.

по направлению к основанию сердца. Максимальная амплитуда смещения обычно приходится на ФК атрио-вентрикулярных клапанов и прилежащих к ним отделов миокарда желудочков и предсердий. Эта закономерность объясняется наличием в норме внутрижелудочкового градиента скорости с максимальными значениями скоростей в базальных отделах желудочков.

Мы регистрировали максимальные значения смещения, соответствующие цвету, которым прокрашивались латеральная и медиальная части ФК МК в позиции на 4 камеры из верхушечного доступа. Для оценки СФ ЛЖ использовали среднее значение смещения латеральной и медиальной частей ФК МК.

#### Оценка variability доплеровских измерений.

Для оценки variability доплеровских измерений регистрировались спектрограммы движения ФК МК в вышеописанных точках и цифровая кинопетля в режиме ДВТ в 4-камерной и 2-камерной позициях у 26 практически здоровых лиц, не имеющих нарушений СФ сердца. Исследователь, осуществлявший запись спектрограмм и кинопетель, выполнял все измерения непосредственно после регистрации данных. Повторное измерение тех же показателей проводилось этим же исследователем не ранее чем через 3 недели после проведения первого измерения. С целью получения данных, необходимых для оценки межисследовательской variability измерений доплеровских показателей, привлекался другой исследователь. Анализ цифровых кинопетель проводился двумя исследователями независимо друг от друга, они не знали данных предыдущего анализа.

#### Статистическая обработка результатов исследований.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета статистических программ *Statistica 6.0 for Windows SPSS 13.0* и электронных таблиц *Excel 2000*. Количественные параметры и их различия представлены в виде средних значений (стандартное отклонение). Достоверность различий средних величин определяли по парному критерию  $t$  Стьюдента, между долями - по критерию  $\chi^2$ . Корреляционный анализ выполняли с использованием коэффициента линейной корреляции Пирсона. Для поиска оптимальных значений чувствительности и специфичности смещения и скорости движения фиброзного кольца митрального клапана использовали построение характеристических кривых (ROC – receiver-operator curve). Во всех процедурах статистического анализа уровень значимости  $p$  составлял  $< 0,05$ . Для оценки variability измерений доплеровских показателей рассчитывалась разница между повторно измеренным значением и средней двух измерений. Полученная разница выражалась в процентах от среднего значения.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Регистрация смещения и скорости движения ФК МК с использованием режимов ДВТ была возможна у всех обследованных. Мы сопоставили смещение и максимальные скорости движения ФК МК в систолу у обследованных лиц с нормальной СФ ЛЖ и у пациентов со сниженной СФ ЛЖ (табл. 1).

Показатели движения ФК МК в режиме ДВТ у больных со сниженной СФ ЛЖ (ФВ ЛЖ менее 50%) были существенно и достоверно ниже, чем у обследованных лиц с нормальной СФ ЛЖ (ФВ ЛЖ более 50%).

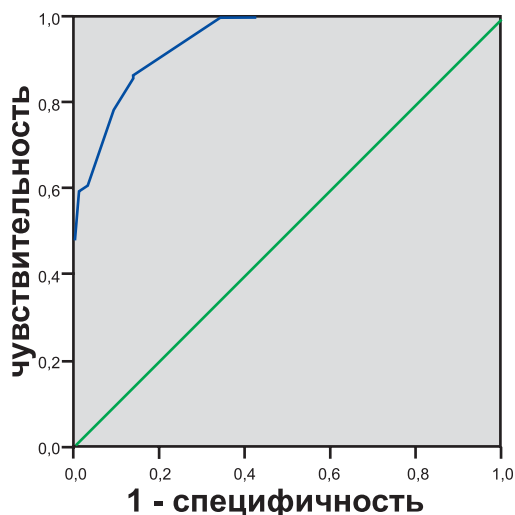
В результате проведенного корреляционного анализа было подтверждено наличие корреляционной связи между систолической скоростью движения ФК МК в импульсно-волновом режиме ДВТ и ФВ ЛЖ, а также между смещением ФК МК относительно продольной оси ЛЖ в позиции на 4 камеры и ФВ ЛЖ.

Для максимальной скорости движения медиальной части ФК МК коэффициент корреляции с ФВ ЛЖ составил 0,72 ( $p < 0,001$ ), для движения латеральной части – 0,68 ( $p < 0,001$ ), для среднего значения скоростей движения частей ФК МК коэффициент корреляции с ФВ ЛЖ составил 0,74 ( $p < 0,001$ ). Для смещения ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ были получены большие значения корреляции с ФВ ЛЖ. Для смещения медиальной части ФК МК коэффициент корреляции составил 0,80 ( $p < 0,001$ ), для смещения латеральной части – 0,75 ( $p < 0,001$ ), для среднего значения смещения латеральной и медиальной частей – 0,82 ( $p < 0,001$ ).

Исходя из наличия линейной корреляции между ФВ ЛЖ и показателями ДВТ, с целью выявления количественных значений скорости движения и смещения ФК МК, обладающих максимальной диагностической ценностью в выявлении степени систолической дисфункции, были построены характеристические кривые. Мы использовали средние значения систолической скорости движения и смещения латеральной и медиальной частей ФК МК, так как для них было выявлено максимальное значение корреляции с ФВ ЛЖ.

Максимальные чувствительность и специфичность были выявлены для смещения ФК МК менее 7,5 мм (чувствительность 97% и специфичность 90%) и для скорости движения ФК МК менее 5,75 см/с (чувствительность 90% и специфичность 88%). Это значение позволяет выявлять пациентов с умеренной систолической дисфункцией ЛЖ (ФВ ЛЖ менее 40%). На небольшую систолическую дисфункцию (ФВ ЛЖ менее 50%) указывает значение смещения ФК МК менее 9,5 мм (чувствительность и специфичность – 86 %) (рис. 3) и скорости движения ФК МК менее 6,25 см/с (чувствительность – 91% и специфичность – 86 %).

На значительную систолическую дисфункцию (ФВ ЛЖ менее 30%) указывает смещение ФК МК менее 5,5 мм (чувствительность 95% и специфичность 83 %) и скорость движения ФК МК менее 4,75 см/с (чувствитель-



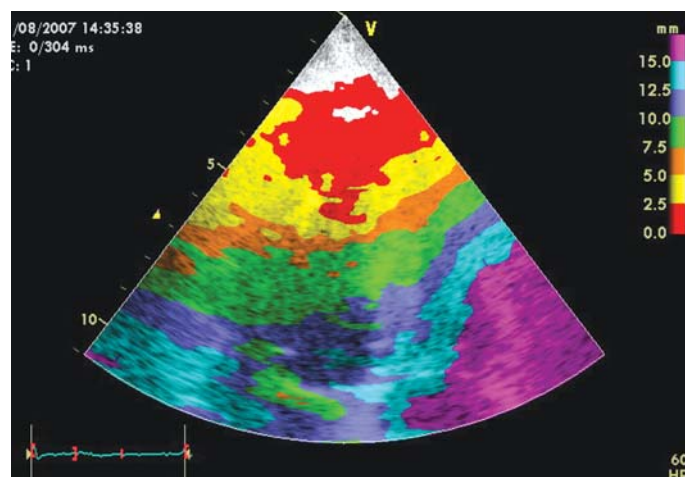
**Рис. 3.** Характеристическая кривая смещения ФК МК в режиме тканевого следа при ФВ ЛЖ менее 50%. Смещение ФК МК 9,5 мм (чувствительность – 86%, специфичность – 86%).

ность 93% и специфичность 83 %). Диапазон смещения ФК МК у больных с ФВ менее 50% и менее 30 % составил 4 мм (9,5 мм по сравнению с 5,5 мм), диапазон скоростей движения ФК МК был очень небольшим, составив только 1,5 см/с (6,25 см/с по сравнению с 4,75 см/с).

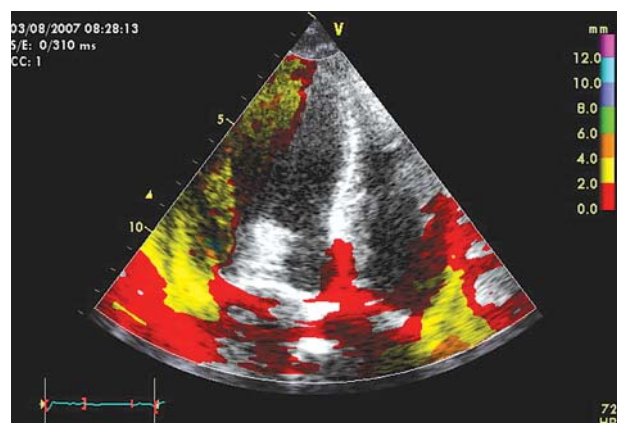
Ранее С.Рап и соавт. [6] показали еще более высокую корреляцию ( $r = 0,97$ ) смещения ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ с ФВ ЛЖ, рассчитанной по Симпсону, у пациентов с нормальной и диффузно сниженной СФ ЛЖ. Такая высокая корреляция была получена для среднего значения 6 точек ФК МК из трех позиций: на 4 камеры, на 2 камеры и по длинной оси левого желудочка. Меньшая корреляция в нашем исследовании ( $r = 0,82$ ), вероятно, обусловлена двумя обстоятельствами. Во-первых, мы использовали для анализа только две точки ФК МК из позиции на 4 камеры. Во-вторых, мы включали в наше исследование и пациентов с нарушениями локальной сократимости ЛЖ вследствие перенесенного ранее инфаркта миокарда. Для этих пациентов и в исследовании С.Рап и соавт. [6] были получены меньшие значения коэффициента корреляции ( $r=0,87$ ;  $p<0,001$ ) между смещением ФК МК в режиме тканевого следа и ФВ ЛЖ.

Полученные нами данные позволили выявить те значения смещения ФК МК в режиме тканевого следа, которые позволяют выявлять не только нарушения СФ ЛЖ, но и степень систолической дисфункции. Среднее смещение ФК МК менее 9,5 мм для позиции на 4 камеры из верхушечного доступа указывает на снижение фракции выброса левого желудочка менее 50% с чувствительностью 86% и специфичностью 86%. Среднее смещение ФК МК менее 7,5 мм для той же позиции указывает на умеренное снижение ФВ ЛЖ (менее 40%). На выраженное снижение ФВ ЛЖ (менее 30%) указывает среднее смещение ФК МК менее 5,5 мм.

В своем исследовании С.Рап и соавт. [6] показали, что снижение смещения фиброзного кольца митрального клапана для 6 точек в режиме тканевого следа менее чем на 4,8 мм указывает на снижение фракции выброса до 30% и ниже с чувствительностью 98% и специфичностью 78%. По нашим данным максимальная диагностическая ценность выявлена для смещения ФК МК в режиме тканевого следа на 7,5 мм. Это значение позволяло



**А)**



**Б)**

**Рис. 4.** А) Смещение ФК МК у пациента с нормальной ФВ ЛЖ. Латеральная часть ФК МК окрашена в синий цвет, что соответствует смещению 12,5 мм на цветной шкале, медиальная часть ФК МК – в голубой цвет, что соответствует смещению ФК МК 15 мм на цветной шкале. Б) Смещение ФК МК у пациента со значительно сниженной ФВ ЛЖ. Латеральная часть ФК МК смещается на 4 мм (желтый цвет на цветной шкале), медиальная часть ФК МК смещается на 2 мм и менее (красный цвет на цветной шкале).

выявлять пациентов со снижением ФВ ЛЖ менее 40% с чувствительностью 97% и специфичностью 90%.

Таким образом, нам не только удалось подтвердить данные С.Рап и соавт. [6] о возможности выявлять больных со значительным снижением СФ ЛЖ по снижению величины смещения ФК МК в режиме тканевого следа, но и была показана возможность оценки степени снижения СФ ЛЖ (рис. 4).

Немаловажным представляется и то, что эта оценка может быть быстро выполнена с использованием только позиции на 4 камеры из верхушечного доступа, что особенно актуально у больных с неоптимальной визуализацией сердца.

В нашем исследовании подтверждается возможность получения высококачественных доплерограмм скоростей движения, а также смещения практически для всех отделов ФК МК (латеральной, медиальной, передней и задней частей ФК МК), пригодных для количественного анализа (табл. 2).

Измерения всех показателей движения ФК МК в режиме доплеровской визуализации тканей являются высоковоспроизводимыми при проведении исследова-

Таблица 2

**Вариабельность доплеровских измерений, выполненных одним и тем же исследователем и разными исследователями (n=26)**

Показатель	Вариабельность измерений, выполненных	
	Одним исследователем(%)	Разными исследователями(%)
Скорость движения латеральной части ФК МК в ИВ режиме ДВТ	3,6±2,6	3,0±0,9
Скорость движения медиальной части ФК МК в ИВ режиме ДВТ	0,4±4,4	1,9±3,1
Смещение латеральной части ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ	1,2±4,0	3,4±3,4
Смещение медиальной части ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ	0,4±0,9	1,1±2,7
Смещение передней части ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ	0,2±0,2	3,5±5,2
Смещение задней части ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ	0,4±2,0	0,8±2,1

ния одним врачом и разными специалистами (вариабельность измерений составила менее 4%). Воспроизводимость доплеровских измерений, выполненных одним и тем же исследователем, оказалась большей по сравнению с измерениями, выполненными разными исследователями.

В литературе постоянно дискутируется вопрос о том, в какой части ФК МК целесообразно проводить измерения показателей ДВТ [1]. В нашем исследовании коэффициенты корреляции показателей ДВТ медиальной части ФК МК с ФВ ЛЖ были несколько выше по сравнению с коэффициентами корреляции показателей ДВТ латеральной части ФК МК и ФВ ЛЖ (скорость движения медиальной части ФК МК – 0,72, по сравнению с 0,68 – для латеральной части ФК МК; смещение медиальной части ФК МК – 0,80, по сравнению с 0,75 для латеральной части ФК МК). Однако эти различия не были достоверными. По нашим данным, максимальные значения корреляции наблюдались для средних величин, рассчитанных исходя из показателей как латеральной, так и медиальной частей ФК МК. Поэтому целесообразно использовать показатели ДВТ не какой-то одной части ФК МК, а именно средние значения смещения латеральной и медиальной частей ФК МК, которые имеют максимальную корреляцию с ФВ ЛЖ. Обращает на себя внимание незначительный разброс значений скоростей движения ФК МК в систолу в выявлении различных значений ФВ ЛЖ. Однако большие значения корреляции с ФВ ЛЖ были получены для смещения ФК МК в режиме тканевого следа ДВТ.

## Выводы

1. Показатели доплеровской визуализации тканевой достоверно коррелируют с фракцией выброса левого желудочка. В случаях неоптимальной визуализации сердца и эндокарда левого желудочка, когда не удается адекватно рассчитать объемы левого желудочка, для оценки систолической функции левого желудочка могут быть использованы импульсно-волновой режим доплеровской визуализации тканей или режим тканевого следа. Для оценки систолической функции левого желудочка предпочтительнее использовать режим тканевого следа с определением смещения фиброзного кольца митрального клапана по сравнению со скоростью движения фиброзного кольца митрального клапана.

2. При оценке систолической функции ЛЖ в режиме доплеровской визуализации тканей предпочтительно пользоваться средними значениями показателей движения латеральной и медиальной частей фиброзного кольца митрального клапана.

3. Тканевой след фиброзного кольца митрального клапана в систолу желудочков позволяет не только выявлять нарушения систолической функции левого желудочка, но и оценивать степень этих нарушений.

4. Измерения всех показателей доплеровской визуализации тканей являются высоковоспроизводимыми при проведении исследования одним врачом и разными специалистами (вариабельность измерений составила менее 4%).

## Литература

1. Беленков Ю.Н., Агманова Э.Г. Возможности тканевой доплеровской эхокардиографии в диагностике дисфункции правого желудочка у больных с хронической сердечной недостаточностью I-IV функционального класса. *Кардиология*. 2007; № 4.
2. Alam M., Wardell J., Andersson E., Nordland R., Samad B. Assessment of left ventricular function using mitral annular velocities in patients with congestive heart failure with or without the presence of significant mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr* 2003; 16:240–5.
3. Bellenger N.G., Burgess M.I., Ray S.G. et al. Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance; are they interchangeable? *Eur Heart J*. 2000; 21:1387–96.
4. Cevik Y., Degertekin M., Basaran Y., Turan F., Pektas O. A new echocardiographic formula to calculate ejection fraction by using systolic excursion of mitral annulus. *Angiology*. 1995; 46: 157–63.
5. Hoffmann R., Bardeleben S., Cate F. et al. Assessment of systolic left ventricular function: a multi-centre comparison of cineventriculography, cardiac magnetic resonance imaging, unenhanced and contrast-enhanced echocardiography. *European Heart Journal*. 2005; 26: 607–616.
6. Pan C., Hoffman R. Kuhl H. et al. Tissue tracking allows rapid and accurate visual evaluation of left ventricular function. // *Eur. J. Echocardiography* 2001; 2: 197–202.