

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОДОЛЬНЫХ МИОКАРДИАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ МЕТОДОМ ТКАНЕВОЙ ДОППЛЕРОГРАФИИ У ПАЦИЕНТОВ С НОРМАЛЬНОЙ И НАРУШЕННОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СОКРАТИМОСТЬЮ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Т.Л. Волокитина, Г.П. Нарциссова, А.М. Чернявский

ФГУ «Новосибирский НИИ патологии кровообращения им. акад. Е.Н. Мешалкина Росмедтехнологий»
cpsc@meshalkinclinic.ru

Ключевые слова: тканевая доплерография, левый желудочек, тканевое доплеровское изображение.

Тканевая доплерография (TDI) – новый метод, позволяющий количественно оценить амплитуду и скорость движения различных сегментов миокарда и сердечных структур.

В ультразвукографических системах последнего поколения метод TDI позволяет измерять движение миокарда в определенной точке, трассируя миокардиальные скорости посредством цветного доплеровского миокардиального отображения. Эти системы с высоким временным и пространственным разрешением (со скоростью от 60 до 80 кадров в секунду), позволяют получить в режиме реального времени цветное доплеровское изображение региональных средних скоростей, с последующим их автономным компьютерным анализом [1]. Режимы TDI: импульсно-волновое тканевое доплеровское исследование (DTI), Q-analysis, tissue tracing, strain и strain rate.

К преимуществам TDI следует отнести возможность быстрой визуальной оценки характера движения и хорошее пространственное разрешение, позволяющее раздельно измерить скорость движения миокарда в субэпи- и субэндокардиальных слоях. Еще более важное преимущество метода – возможность одновременного измерения скорости движения различных сегментов миокарда [2, 19], в то время как предыдущие попытки использования тканевого доплера для количественного определения миокардиальных скоростей базировались на спектральном анализе импульсно-волнового доплеровского изображения, отображающего пиковые миокардиальные скорости последовательно в каждом сегменте левого желудочка (ЛЖ) или сердечной структуры, например митрального кольца [3, 4].

Сегментарное нарушение движения стенки ЛЖ – признак коронарной патологии. Традиционная эхокардиография широко используется как неинвазивный диагностический метод в оценке региональной функции ЛЖ, поскольку

способна отразить миокардиальное утолщение, эндокардиальную экскурсию и движение стенки в режиме реального времени [5–8]. Однако в исследовании локальной сократимости миокарда ЛЖ используется, как правило, полуколичественная визуальная оценка, которая часто зависит от опыта исследователя и неизменно субъективна [9]. Поэтому существует постоянная потребность в разработке новых методов и технологий, количественно определяющих как глобальную, так и сегментарную функцию ЛЖ, особенно при патологическом состоянии.

До сих пор известно немного исследований, использующих TDI в количественной оценке и выявлении изменений движения стенки ЛЖ при наличии коронарной патологии. Цель данного исследования – характеристика графиков продольной сегментарной миокардиальной скорости, измеренной при сокращении и расслаблении миокарда ЛЖ у здоровых лиц и сравнение полученных скоростных кривых с графиком продольных скоростей от сегментов ЛЖ с нарушенной сократимостью у лиц с постинфарктным кардиосклерозом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В первую группу обследуемых было включено 20 здоровых субъектов (15 мужчин и 5 женщин), отобранных при проведении трансторакальной ЭхоКГ. Возраст обследуемых колебался от 35 до 65 лет (в среднем, $49,0 \pm 6,6$ года). Все субъекты имели нормальные показатели ЭКГ и ЭхоКГ (ФВ ЛЖ – $67,0 \pm 5,5\%$). У всех обследуемых в анамнезе отсутствовала ишемическая болезнь сердца.

Вторую группу составили 35 пациентов, у которых был применен метод тканевой доплерографии. Вся обследуемая группа состояла из мужчин, средний возраст которых составил $56,0 \pm 9,8$ года. У всех пациентов была диагностирована ишемическая болезнь сердца с по-

стинфарктным кардиосклерозом ЛЖ. По классификации NYHA 26 пациентов (74,2%) имели II ФК и 9 пациентов (25,7%) – III ФК. При проведении трансторакальной ЭхоКГ ФВ ЛЖ составила $33,0 \pm 7,3\%$.

Было проанализировано 116 дисфункциональных сегментов. Выраженный гипокинез был отмечен в 42 сегментах (36,2%), а в 74 (63,7%) сегментах обнаружен акинез.

Критериями исключения служили отсутствие нормального синусового ритма, гипертрофия ЛЖ, клапанные поражения сердца, патология легких, печени, почек, злоупотребление алкоголем, ожирение.

Трансторакальная эхокардиография выполнялась всем пациентам по стандартной методике. Исследование проводилось на ультразвуковых системах «VIVID-7» и «VIVID-7D» (GE MS, США) секторным датчиком с диапазоном частот 1,5–3,5 МГц, включающее одномерное и двумерное сканирование с применением доплерографии в импульсном и постоянно-волновом режимах, а также цветное картирование кровотока.

Количественные расчеты региональной сократимости в соответствии с рекомендациями Американской ассоциации по эхокардиографии основаны на анализе сократимости 16 сегментов миокарда ЛЖ, получаемых из парастернального доступа по длинной оси и апикального доступа (2- и 4-камерная позиции). Систолическую функцию ЛЖ оценивали исходя из расчетов конечного систолического и конечного диастолического объемов, полученных из 2- и 4-камерных позиций (по методу Simpson), ударного объема и фракции выброса ЛЖ. Диастолическая функция ЛЖ оценивалась по трансмитральному кровотоку с определением показателей пиковых скоростей митрального потока (пик E, пик A), отношения E/A и показателей DT.

Тканевое доплеровское исследование проводили из апикального доступа в режиме скорости с регистрацией кинопетли на жестком диске прибора. Продолжительность кинопетли составляла 5 последовательных сердечных циклов. У всех пациентов регистрировались три кинопетли из верхушечного доступа в 4-камерной позиции ЛЖ с последовательным установлением контрольного объема на уровне фиброзного кольца митрального клапана (МК), в базальном, среднем и апикальном сегментах каждой стенки ЛЖ на границе между субэндокардиальным и срединным слоями миокарда. Глобальная продольная систолическая и диас-

толическая функции ЛЖ оценивались по тканевому доплеровскому спектру, зарегистрированному от фиброзных колец МК. Спектр TDI состоит из систолической волны Sm, направленной к центру ЛЖ, и двух диастолических волн – Em и Am, направленных от центра ЛЖ (рис. 1). Были проведены расчеты: измерение скоростей ранних (Em) и поздних (Am) диастолических миокардиальных продольных волн для каждого сегмента; соотношение между ранними и поздними диастолическими миокардиальными скоростями (Em/Am) и измерение показателей DT ранней диастолической продольной волны (DT-Em).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета статистических программ Statistika 6.0 for Windows и электронных таблиц Excel 2000. Достоверность различий средних величин определяли по парному t-критерию Стьюдента или критерию Уилкоксона (в зависимости от того, подчинялся ли количественный признак нормальному распределению или нет). Во всех процедурах статистического анализа уровень значимости p составлял 0,05. Далее результаты представлены как $M \pm SD$, где M – среднее арифметическое, SD – среднеквадратичное отклонение. Зависимость между абсолютными разностями измерений и размерами измеряемых значений проверяли по корреляции разности средних значений. В зависимости от распределения анализируемых признаков корреляционный анализ выполнялся с использованием коэффициента линейной корреляции Пирсона или непараметрического критерия Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходные линейные показатели полости ЛЖ и доплерографические характеристики трансмитральных потоков у лиц контрольной группы и пациентов с нарушением региональной сократимости ЛЖ представлены в табл. 1.

При активизации режима TVI у лиц контрольной группы были зарегистрированы средние миокардиальные скорости на уровне фиброзного кольца МК, средних, базальных и апикальных сегментов боковой и септальной стенок ЛЖ (табл. 1). Проведенный анализ цифровых изображений в режиме реального времени показал вариабельность сегментарных скоростных кривых, зарегистрированных в каждом сегменте ЛЖ из апикальной 4-камерной позиции (рис. 1).

Таблица 1

Исходные линейные и доплерографические характеристики трансмитрального спектра у здоровых лиц и пациентов с нарушением региональной сократимости ЛЖ

Параметры	Группа		p
	1 (n=20)	2 (n=35)	
ФВ ЛЖ (по Симпсону)	67±5,5	33±7,3	<0,00001
КДО ЛЖ, см	4,68±0,69	6,3±1,68	<0,001
DT, мс	189,0±36,0	201,0±41,0	—
IVRT, мс	85,0±13,0	96,0±16,0	<0,05
Пик E, см/с	0,78±0,15	0,72±0,19	—
Пик A, см/с	0,51±0,13	0,79±0,22	—
E/A	1,50±0,14	0,75±0,2	—

Анализ полученных данных, приведенных в табл. 2, демонстрирует уменьшение систоло-диастолических миокардиальных скоростей от основания сердца (фиброзного кольца) по направлению к апикальным сегментам. Также отмечается сокращение DT-Em от кольца к верхушке ЛЖ, а соотношение Em/Am, наоборот, демонстрирует увеличение к апикальным отделам миокарда, что связано с наблюдаемым большим уменьшением значений скорости Am волны, чем значений Em скоростной волны по направлению к верхушке сердца. Более явное уменьшение показателей систоло-диастоличес-

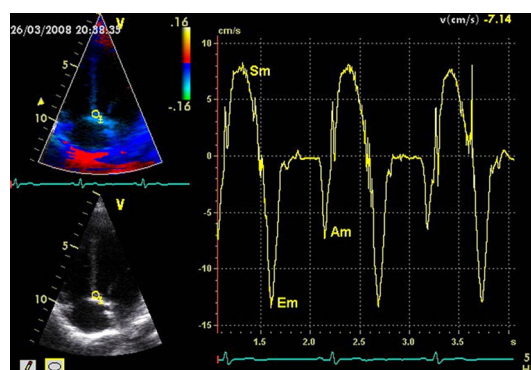


Рис. 1. Нормальный спектр сегментарных скоростных кривых, полученный в режиме TVI у здоровых лиц на уровне фиброзного кольца МК.

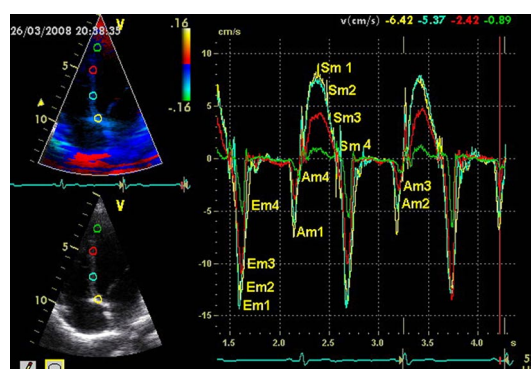


Рис. 2. График скоростей систоло-диастолических кривых на уровне фиброзного кольца МК (1), базальных (2), средних (3) и апикальных (4) сегментов септальной стенки ЛЖ у здоровых лиц.

ких скоростей наблюдалось между средними и апикальными сегментами ЛЖ.

Таблица 2

Нормальные показатели продольных миокардиальных скоростей каждого сегмента боковой и септальной стенок ЛЖ у здоровых лиц

TVI параметры	Фиброзное кольцо МК	Сегменты			p
		базальные	средние	апикальные	
Боковая стенка, Sm, см/с	8,2±1,8	7,8±1,50	6,12±1,45	4,73±1,45	<0,001
Em, см/с	7,74±3,1	8,3±3,4	6,5±3,6	3,5±2,1	<0,00001
Am, см/с	5,2±2,5	4,7±1,9	3,6±2,3	2,3±1,5	<0,00001
DT-Em, мс	86±28	73±24	60±21	58±18	<0,00001
Em/Am	1,5±1,2	1,8±1,4	1,9±2	2,1±1,5	<0,05
Септальная стенка, Sm, см/с	6,8±1,6*	6,61±1,12*	3,85±1,32*	2,32±1,16*	<0,00001
Em, см/с	6,8±2,3	7±2,6*	5,8±2	3,1±1,3	<0,00001
Am, см/с	6,4±1,9*	5,8±1,8*	4,3±1,6	2,3±1,2	<0,00001
DT-Em, мс	104±23*	95±16*	81±20*	64±15	<0,00001
Em/Am	1,1±0,5*	1,2±0,8*	1,3±0,9*	1,4±1,1	<0,0001

* $p < 0,05$ против соответствующих значений в боковой стенке

Систолическая скорость от фиброзного кольца МК до верхушки в период сокращения ЛЖ была значительно больше в боковой стенке, чем в септальной. Средняя диастолическая миокардиальная скорость E_m волны в боковой стенке была наибольшей, по сравнению с E_m волной в септальной стенке ЛЖ. Напротив, средняя продольная диастолическая A_m волна в септальной стенке имела большую скорость, чем средняя диастолическая A_m волна в боковой стенке ЛЖ. Септальная стенка показала наибольшее удлинение $DT-E_m$, чем боковая стенка ЛЖ. График уменьшения скоростей систоло-диастолических кривых от фиброзного кольца МК до верхушки ЛЖ у здоровых лиц представлен на рис. 2.

Полученные нами данные демонстрируют достоверное прогрессирующее уменьшение амплитуды S_m волны от нормальных до гипокинетических и akinетических сегментов. Скорость ранней миокардиальной диастолической волны E_m была значительно уменьшена во всех дисфункциональных сегментах и на уровне фиброзного кольца МК у пациентов с постинфарктным кардиосклерозом при сравнении с контрольной группой (табл. 3). Соотношение E_m/A_m в сегментах с нарушенной сократимостью, а также на уровне латеральной и медиальной части фиброзного кольца МК было ниже, чем у здоровых субъектов. Дальнейшая оценка скоростных показателей каждого дисфункционального сегмента продемонстрировала увеличение соотношения E_m/A_m от базальных к апикальным сегментам ЛЖ, как боковой, так и септальной стенках, хотя и было значительно снижено по сравнению с сегментами ЛЖ с нормальной сократимостью. $DT-E_m$ в боковой стенке ЛЖ было удлиненным в сегментах с нарушенной сократимостью по сравнению с нормальными сегментами боковой стенки, но в сегментах септальной стенки отмечалась обратная зависимость. Отмеченные различия в септальной и боковой стенках ЛЖ были статистически незначимыми.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования демонстрируют уменьшение продольных средних миокардиальных систоло-диастолических региональных скоростей от основания сердца (фиброзного кольца МК) по направлению к верхушке ЛЖ, с наиболее явным уменьшением скоростных значений между средними и верхушечными сегментами. В верхушечных сегмен-

тах ЛЖ были отмечены неразличимые волновые кривые или плоские линии, указывающие на ее стабильное положение в период сердечного сокращения, предполагая, что ближе к верхушке сокращение миокардиальных волокон происходит по меридиональному направлению. Это согласуется с результатами исследования нормальных положительно направленных левожелудочковых миокардиальных скоростей [10, 11]. Поэтому одним из ограничений этого метода является неспособность обнаружить верхушечный инфаркт или ишемию. Укорочение $DT-E_m$ по направлению к верхушке ЛЖ вероятно объясняется уменьшением апикального продольного миокардиального движения. Соотношение E_m/A_m демонстрировало явное апикальное увеличение с уменьшением показателей A_m волны по сравнению с показателями E_m волны по направлению к верхушечным сегментам. Значения S_m и E_m продольных миокардиальных волн были больше в боковой стенке по сравнению с таковыми в септальной стенке. И наоборот, показатели диастолической волны A_m были более высокими в септальной стенке, чем в боковой. Следовательно, соотношение E_m/A_m в боковой стенке было выше в септальной стенке, чем в боковой. Наши результаты согласуются с ранними исследованиями по тканевой доплерографии [10, 12].

Метод TDI может также использоваться и для оценки глобальной (продольной) функции ЛЖ. Данные V.K. Gulati и его коллег [13] свидетельствуют, что усредненная скорость на уровне фиброзного кольца МК, полученная от 6 сегментов может дать точную оценку глобальной систолической функции ЛЖ. Определение миокардиальных скоростей было предложено многими зарубежными исследователями в качестве наиболее полезного показателя левожелудочковой сократимости [14, 15, 17, 18]. В нашем исследовании продемонстрировано прогрессивное уменьшение амплитуды систолической продольной миокардиальной S_m волны от нормальных до гипокинетических и akinетических сегментов ЛЖ всех уровней. Полученные данные подтверждаются рядом зарубежных исследований с использованием цветового тканевого доплерографического изображения [4, 16, 20].

ВЫВОДЫ

С помощью метода тканевой доплерографии можно объективно и удобно определять скоростные показатели и их изменения в продольном миокардиальном движении стенки ЛЖ

Таблица 3

Систола-диастолические миокардиальные показатели в нормальных и дисфункциональных сегментах боковой и септальной стенок ЛЖ

TVI-параметры	Группа		p
	1 (n=20)	2 (n=35)	
сегменты боковой стенки			
Sm: фиброзное кольцо МК, см/с	8,2±1,8	6,3±1,3	<0,001
Sm: базальный сегмент, см/с	7,8±1,5	3,2±0,6	<0,001
Sm: средний сегмент, см/с	6,1±1,5	2,1±0,6	<0,001
Sm: апикальный сегмент, см/с	4,7±1,5	1,5±0,3	<0,001
Em: фиброзное кольцо МК, см/с	7,7±3,1	4,6±2,2	<0,01
Em: базальный сегмент, см/с	8,3±3,4	2,8±1,3	<0,0001
Em: средний сегмент, см/с	6,5±3,6	3,1±1,1	<0,001
Em: апикальный сегмент, см/с	3,5±2,1	1,7±1,2	<0,01
Em/Am: фиброзное кольцо МК, см/с	1,5±1,2	0,8±0,7	<0,01
Em/Am: базальный сегмент, см/с	1,8±1,4	1,2±0,9	<0,05
Em/Am: средний сегмент, см/с	1,9±2,0	1,1±0,5	<0,01
Em/Am: апикальный сегмент, см/с	2,1±1,5	1,4±0,7	—
DT-Em: фиброзное кольцо МК, мс	86,0±28,0	102,0±33,0	—
DT-Em: базальный сегмент, мс	73,0±24,0	76,0±28,0	—
DT-Em: средний сегмент, мс	60,0±21,0	71,0±18,0	—
DT-Em: апикальный сегмент, мс	58,0±18,0	53,0±14,0	—
сегменты септальной стенки			
Sm: фиброзное кольцо МК, см/с	6,8±1,6	4,9±1,2	<0,001
Sm: базальный сегмент, см/с	6,6±1,1	2,9±0,8	<0,001
Sm: средний сегмент, см/с	3,9±1,3	1,8±0,5	<0,001
Sm: апикальный сегмент, см/с	2,3±1,7	0,8±0,6	<0,001
Em: фиброзное кольцо МК, см/с	6,8±2,3	4,4±1,9	<0,001
Em: базальный сегмент, см/с	7,0±2,6	3,6±1,3	<0,0001
Em: средний сегмент, см/с	5,8±2,0	2,9±1,1	<0,0001
Em: апикальный сегмент, см/с	3,1±1,3	1,8±1,3	<0,001
Em/Am: фиброзное кольцо МК, см/с	1,1±0,5	0,8±0,6	<0,05
Em/Am: базальный сегмент, см/с	1,2±0,8	0,7±0,3	<0,01
Em/Am: средний сегмент, см/с	1,3±0,9	0,9±0,5	<0,05
Em/Am: апикальный сегмент, см/с	1,4±1,1	1,2±1,5	—
DT-Em: фиброзное кольцо МК, мс	104,0±23,0	85,0±31,0	—
DT-Em: базальный сегмент, мс	95,0±16,0	77,0±25,0	—
DT-Em: средний сегмент, мс	81,0±20,0	72,0±23,0	—
DT-Em: апикальный сегмент, мс	64,0±15,0	55,0±32,0	—

во время сокращения и расслабления. У лиц контрольной группы наблюдалось значительное уменьшение продольных миокардиальных ско-

ростных показателей от базальных до апикальных сегментов как в боковой, так и в септальной стенках ЛЖ.

У пациентов с постмиокардиальным кардиосклерозом в патологических сегментах наблюдалось значительное уменьшение систолической Sm волны, диастолической Em и соотношении Em/Am по сравнению с показателями здоровых лиц. Метод тканевой доплерографии имеет хороший потенциал как для оценки глобальной, так и региональной функции ЛЖ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilkenshoff U.M., Sovany A.S. et al. // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1998. V. 11. P. 683–692.
2. Никитин Н.П., Клиланд Дж.Ф. // *Кардиология.* 2002. V. 3. P. 66–79.
3. Gorscan J., Strum D.P., Mandarin W.A. et al. // *Circulation.* 1997. V. 95. P. 2423–2433.
4. Katz W.E., Gulati V.K., Mahler C.M., Gorscan J. // *Am. J. Cardiol.* 1997. V. 79. P. 1036–1042.
5. Kerber R.E., Marcus M.L., Ehrhardt J. et al. // *Circulation.* 1975. V. 52. P. 1097–1104.
6. Heger J.J., Weyman A.E., Wann L.S. et al. // *Circulation.* 1980. V. 61. P. 1113–1118.
7. Weiss J.L., Bulkley B.H., Hutchins G.M., Mason S.J. // *Circulation.* 1981. V. 63. P. 401–408.
8. Wyatt H.L., Meerbaum S., Heng M.K. et al. // *Circulation* 1981. V. 63. P. 607–614.
9. Picano E., Lattanzi F., Orlandini A. et al. // *Am. J. Cardiol.* 1991. V. 17. P. 666–669.
10. Pai R.G., Gill K.S. // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1998. V. 11. P. 105–111.
11. Galiuto L., Ignone G., DeMaria A.N. // *Am. J. Cardiol.* 1998. V. 81. P. 609–614.
12. Isaaz K., Munoz del Romeral L., Schiller N.B. // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1993. V. 6. P. 166–176.
13. Gulati V.K., Latz W.E., Follansbee W.P., Gorscan J. // *Am. J. Cardiol.* 1996. V. 77. P. 979–984.
14. Garcia M.J., Rodriguez L., Ares M. et al. // *Am. Heart J.* 1996. V. 132. P. 648–656.
15. Ymada E., Garcia M.J., Thomas J.D., Marwick T.H. // *Am. J. Cardiol.* 1998. V. 82. P. 806–809.
16. Derumeaux G., Ovize M., Loufoua J. et al. // *Circulation.* 1998. V. 97. P. 1970–1977.
17. Edvardsen T., Urheim S., Skulstad H. et al. // *Circulation.* 2002. V. 105. P. 2071–2077.
18. Yasuaki W., Kazuya M., Kazumi K. et al. // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2003. V. 16. P. 309–317.
19. Trambaiolo P., Giovanni T., Salustri A. et al. // *Am. Soc. Echocardiogr.* 2001. V. 14. P. 85–96.
20. Edvardsen T., Aakhus S., Endresen K. et al. // *Am. Soc. Echocardiogr.* 2000. V. 13. P. 986–994.

QUANTITATIVE EVALUATION OF LONGITUDINAL MYOCARDIAL VELOCITIES BY DOPPLER SONOGRAPHY IN TISSUE OF PATIENTS WITH NORMAL AND IMPAIRED REGIONAL CONTRACTILITY OF THE LEFT VENTRICLE

T.L. Volokitina, G.P. Nartsissova, A.M. Cherniavsky

Literature/proprietary data related to tissue Doppler sonography are given in this review. Presented are the research results obtained while studying velocity parameters of tissue Doppler in various LV segments of patients with postmyocardial cardiosclerosis and in healthy people.