

Тканевая доплерография и деформационные свойства правого желудочка у пациентов с артериальной гипертензией

С.И. Иванов¹, В.В. Матвеев², Л.М. Кузнецова^{3, 4}

¹ ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия”
Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва

² Сеть медицинских клиник “ИММА”, г. Москва

³ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика
Б.В. Петровского”, г. Москва

⁴ ФГАОУ ВО “Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова” Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский Университет), г. Москва

Цель работы – сравнительная оценка показателей деформации и смещения миокарда правого желудочка при эхокардиографии в режиме отслеживания движения пятен (*speckle tracking*) и импульсно-волновой тканевой доплерографии кольца трикуспидального клапана у больных артериальной гипертензией и здоровых лиц. Было обследовано 62 человека (36 мужчин и 26 женщин) в возрасте от 31 до 59 лет, из них 28 пациентов с артериальной гипертензией степени I при отсутствии медикаментозного лечения. При тканевой импульсно-волновой доплерографии были получены статистически значимые различия между параметрами раннего (Еа) и позднего (Аа) диастолического движения,

отношения раннего к позднему движению (Еа/Аа) медиальной и латеральной частей кольца трикуспидального клапана, ускорения пика раннего диастолического движения латеральной части трикуспидального кольца (AR) ($P < 0,05$). При анализе деформационных свойств правого желудочка при эхокардиографии в режиме *speckle tracking* у больных артериальной гипертензией было получено статистически значимое снижение параметров максимального значения деформации (S) и пиковой продольной скорости в фазу раннего диастолического наполнения (VE) (модулей).

Ключевые слова: тканевая доплерография, *speckle tracking*, правый желудочек, артериальная гипертензия.

С.И. Иванов – клинический ординатор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва. В.В. Матвеев – к.м.н., доцент, врач-кардиолог сети медицинских клиник “ИММА”, г. Москва. Л.М. Кузнецова – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва; профессор кафедры функциональной и ультразвуковой диагностики Института профессионального образования ФГАОУ ВО “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва.

Контактная информация: 121359 г. Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, с. 1А, Центральная государственная медицинская академия, кафедра терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии. Иванов Сергей Игоревич. Тел.: +7 (977) 268-70-12. E-mail: 1539ivanov@mail.ru

Цитирование: Иванов С.И., Матвеев В.В., Кузнецова Л.М. Тканевая доплерография и деформационные свойства правого желудочка у пациентов с артериальной гипертензией // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2018. № 3. С. 41–52.

ВВЕДЕНИЕ

Артериальная гипертензия была и остается важнейшим фактором риска многих заболеваний сердечно-сосудистой системы, до сих пор являющихся главной причиной высокой смертности в мире. Распространенность артериальной гипертензии находится в диапазоне 30–45% общей популяции с резким возрастанием по мере старения [1]. Тяжесть клинических проявлений и прогноз больных с артериальной гипертензией определяются не только степенью повышения артериального давления, но и поражением органов-мишеней. Известно, что артериальная гипертензия приводит к ремоделированию сердца и сосудов, поражению почек, центральной нервной системы, сетчатки. Симптомы и признаки поражения сердца связаны в первую очередь с гипертрофией левого желудочка, представляющей собой компенсаторную реакцию, направленную на нормализацию повышенного стеночного напряжения из-за увеличения постнагрузки [2]. Однако с развитием методик эхокардиографии стало понятно, что изменениям подвергаются практически все структуры сердца [3]. Это послужило основанием для введения термина “гипертоническое (гипертензивное) сердце” и обуславливает важность разработки методов предотвращения обратного развития гипертрофии миокарда при артериальной гипертензии. Клиническое значение гипертонического сердца связывают с нарушением диастолической функции миокарда вследствие повышения его жесткости и развитием относительной коронарной недостаточности [2].

При патологии левого желудочка часто наблюдаются как анатомические, так и функциональные изменения правого желудочка. Благодаря тесной анатомической взаимосвязи и взаимозависимости, вполне естественно, что любые изменения структуры и функции левого сердца найдут отра-

жение и в изменениях правого. Очевидно, что анализ как величины, так и последовательности деформации различных участков миокарда правого желудочка может существенно дополнить изучение многих сердечно-сосудистых заболеваний, сыграть немаловажную роль в постижении их патогенеза [4]. Например, установлено, что систолическая дисфункция правого желудочка может служить важным индикатором угрозы тромбоэмболии легочной артерии у пациентов с повышенным артериальным давлением [5]. В результате совершенствования инструментальных методов различные патологии структуры и функции правого желудочка становятся все более доступными для подробного изучения, даже несмотря на многие затрудняющие факторы его визуализации – ретростернальное положение, сложное определение границы эндокарда из-за выраженной трабекулярности миокарда, сильная зависимость показателей функционирования правого желудочка от изменения пред- и постнагрузки [6].

Для оценки функции правого желудочка может быть использовано множество методов, включая двухмерную серошкалированную визуализацию и доплерографию, которые, однако, затруднительны из-за его сложной анатомической геометрии. 3D-эхокардиография, хотя и дает возможность достаточно полного и точного анализа объема и функции, часто затруднена плохим качеством изображения. Эти факторы в настоящее время являются причиной преимущественного использования качественной, а не количественной оценки функции правого желудочка [7].

Последнее время набирает популярность сравнительно новый метод эхокардиографии – speckle tracking, или отслеживание движения пятен. В нем используются обычные 2D-эхокардиографические изображения, полученные в серошкалированном режиме [8, 9]. В определенном (выделенном) участке миокарда определяются составляющие его стабильные, однородные акустические маркеры (пятна или спеклы), изменение положения которых отслеживается во времени, при этом оцениваются скорость, степень и направление их смещения. Программное обеспечение, обрабатывающее картинку, автоматически подразделяет вы-

деленный оператором участок на блоки, состоящие приблизительно из 20–40 пикселей, которые и образуют эти стабильные спеклы. Последующие кадры анализируются автоматически путем поиска нового расположения каждого такого блока. Изменение расположения акустических маркеров с каждым кадром (что и отражает движение ткани) представляет пространственные и временные данные, на основе которых рассчитываются векторы скорости. Изменения стабильных пятен во времени определяются как движение друг от друга или друг к другу, при этом рассчитывается ряд векторов локальной деформации, представляющих собой отношение изменения длины к первоначальной длине (strain – S). На основании отслеживания движения спеклов также можно рассчитать скорость деформации (strain rate – SR) [7]. Накопленный в последние годы материал показал, что strain и strain rate являются информативными эхокардиографическими параметрами и отражают глобальную и региональную систолическую и диастолическую дисфункцию миокарда [10, 11].

Поскольку этот режим не использует доплеровское измерение скоростей, деформация и скорость деформации, рассчитываемые на основе отслеживания пятен, не зависят от угла инсонации и направления

сканирования и, следовательно, могут измеряться для любой стенки, изображение которой можно получить с помощью 2D-эхокардиографии.

Цель данной работы – сравнительная оценка показателей деформации и смещения миокарда правого желудочка при эхокардиографии в режиме отслеживания движения пятен (speckle tracking) (1) и отражающей продольную функцию свободной стенки правого желудочка импульсно-волновой тканевой доплерографии кольца трикуспидального клапана (2) у больных артериальной гипертензией и здоровых лиц.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 62 человека в возрасте от 31 до 59 лет. Из них были сформированы две группы (табл. 1). В первую группу вошли 28 больных артериальной гипертензией. Критериями включения в исследование были впервые выявленная диагностированная эссенциальная артериальная гипертензия степени I и отсутствие медикаментозного лечения. На электрокардиограмме регистрировался синусовый ритм, отсутствовали какие-либо патологические изменения как в покое, так и при проведении пробы с физической нагрузкой.

Таблица 1. Клинические характеристики исследуемых групп

Показатели	Контрольная группа (n = 34)	Пациенты с артериальной гипертензией (n = 28)	P
Мужчины, n	20 (59%)	16 (57%)	–
Женщины, n	14 (41%)	12 (43%)	–
Возраст, годы	43 ± 9 31–55	46 ± 10 33–59	0,36
ППТ, м ²	1,83 ± 0,21 1,50–2,15	1,89 ± 0,27 1,54–2,25	0,22
ИМТ, кг/м ²	24,64 ± 4,19 19,00–30,14	25,08 ± 5,17 18,57–31,42	0,21
САД, мм рт. ст.	114 ± 8 103–125	147 ± 11 129–162	0,00
ДАД, мм рт. ст.	72 ± 7 62–84	92 ± 7 82–101	0,00
ЧСС	65 ± 9 52–80	70 ± 11 54–86	0,75

Примечание: ППТ – площадь поверхности тела, ИМТ – индекс массы тела, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений. На первой строке ячейки представлены среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm \sigma$), на второй – минимальное – максимальные значения.

Вторую (контрольную) группу составили 34 здоровых лица. Они не предъявляли жалоб, не имели кардиологического анамнеза, не принимали постоянной медикаментозной терапии. У всех были нормальные показатели биохимического анализа крови, на электрокардиограмме регистрировался синусовый ритм без патологических изменений.

Исследование проводилось на базе Университетской клинической больницы № 4 ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) (г. Москва) и ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» (г. Москва).

Всем включенным в исследование выполняли трансторакальное эхокардиографическое исследование на ультразвуковом сканере Acuson SC2000 (Siemens, Германия) секторным фазированным датчиком (частоты сканирования 1–4 МГц) по стандартному протоколу [12]. Информация для последующей обработки записывалась синхронно с регистрацией электрокардиографических сигналов в виде кинопетель продолжительностью 2–3 кардиоцикла. В парастернальной позиции по длинной оси левого желудочка в В-режиме определяли конечные систолический и диастолический размеры (КСР, КДР) левого желудочка, толщину межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка (МЖП, ЗСЛЖ). Такие гемодинамические параметры левого желудочка, как конечно-систолический и конечно-диастолический объемы (КСО, КДО), ударный объем (УО), фракция выброса (ФВ) определялись по Teichholz [13], а также модифицированным методом Симпсона в 4- и 2-камерных апикальных позициях. Масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ) (г) вычислялась по формуле, рекомендованной ASE (American Society of Echocardiography):

$$\begin{aligned} \text{ММЛЖ} = \\ = 0,8 \times (1,04 \times [(КДР + ЗСЛЖ \text{ ED} + \\ + \text{МЖП ED})^3 - КДР^3]) + 0,6, \end{aligned}$$

где – ЗСЛЖ ED – толщина ЗСЛЖ в конце диастолы, МЖП ED – толщина МЖП в конце диастолы. ММЛЖ индексировалась

к площади поверхности тела с расчетом индекса ММЛЖ (ИММЛЖ) (г/м²).

Для анализа функции правого желудочка использовался модуль векторной визуализации скорости VVI (vector velocity imaging) программного пакета Syngo US Workplace (version 2.0, Siemens, Германия). Использовались предварительно записанные серошкалажные изображения в формате DICOM с обязательной регистрацией электрокардиографических сигналов, с частотой кадров 40–60 в секунду, в 4-камерной верхушечной позиции. Производилась ручная обводка эндокарда в конце систолы желудочка с последующими автоматической покадровой обработкой контуров и построением соответствующих векторов и графиков, отражающих скоростные и деформационные свойства миокарда в 6 сегментах. Для дальнейшего анализа использовались усредненные продольные показатели средних и базальных сегментов в каждой из изучаемых проекций. Оценивались: пиковая продольная скорость (velocity – V), максимальное смещение миокарда правого желудочка (displacement – D), максимальное значение деформации миокарда (strain – S) и скорости деформации (strain rate – SR), причем V и SR оценивались в момент максимально систолического (S), раннего (E) и позднего (A) диастолического движения.

Из верхушечных 4- и 5-камерной позиций при импульсно-волновом доплеровском исследовании на спектрограмме трансмитрального кровотока проводились измерения максимальной скорости раннего диастолического наполнения левого желудочка (MV E) (MV – mitral valve), максимальной скорости позднего диастолического наполнения (во время систолы предсердий) (MV A), их отношения (MV E/A), а также времени замедления кровотока раннего диастолического наполнения (MV E DT) (DT – deceleration time).

В импульсно-волновом режиме тканевой доплерографии из верхушечной 4-камерной позиции оценивали скорости движения латеральной части митрального кольца, а также латеральной и медиальной частей кольца трикуспидального клапана. Измеряли максимальные значения систолического (LV Sa, Sa L и Sa M) (LV – left ventricle), раннего (LV Ea, Ea L и Ea M) и позднего диастолического (LV Aa, Aa L и

Аа М) движения латеральной части митрального кольца и латеральной и медиальной частей кольца трикуспидального клапана соответственно, для оценки диастолической функции желудочков – соотношение двух последних (LV Ea/Aa, Ea/Aa L и Ea/Aa M для левого и правого желудочков соответственно), а также время (LV AT, AT L, AT M и LV DT, DT L, DT M) (AT – acceleration time) и скорость (LV AR, AR L, AR M и LV DR, DR L, DR M) (AR – acceleration rate, DR – deceleration rate) ускорения и замедления пика раннего диастолического движения латеральной части митрального кольца, латеральной и медиальной частей кольца трикуспидального клапана. Вычислялись соотношение пика MV E трансмитрального кровотока к пику раннего диастолического движения митрального фиброзного кольца LV Ea (MV E/LV Ea), а также пика TV E (TV – tricuspid valve) транстрикуспидального кровотока к скорости движения медиальной части трикуспидального клапана в фазу раннего диастолического наполнения Ea M (TV E/Ea M).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statis-

tica 10,0 (StatSoft Inc., USA). Вид распределения выборок оценивался с помощью критерия Шапиро–Уилка. Результаты представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$) и минимального – максимального значений. Для оценки достоверности различий использовался дисперсионный анализ, а также непараметрический критерий Уальда–Вольфовица. Различия признавались достоверными при уровне значимости $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты сравнительного эхокардиографического исследования с определением структурно-функциональных особенностей сердца в исследуемых группах представлены в табл. 2. Достоверных различий по всем показателям у лиц контрольной группы и пациентов с артериальной гипертензией получено не было ($P > 0,05$). Полученные параметры были в пределах нормальных значений у здоровых и больных артериальной гипертензией.

Результаты импульсноволновой доплерографии трансмитрального кровотока и

Таблица 2. Эхокардиографические параметры больных артериальной гипертензией и лиц контрольной группы (в В-режиме)

Показатели	Контрольная группа (n = 34)	Пациенты с артериальной гипертензией (n = 28)	P
КСР, мм	29,3 ± 3,5 24,0–36,0	29,8 ± 4,2 24,0–37,0	0,69
КДР, мм	45,9 ± 4,5 39,0–53,0	47,7 ± 4,8 40,0–57,0	0,19
МЖП ЕД, мм	10,2 ± 0,9 9,0–12,0	10,9 ± 1,2 9,0–13,0	0,21
ЗСЛЖ ЕД, мм	10,8 ± 1,4 8,0–13,0	11,1 ± 1,2 9,0–13,0	0,31
ММЛЖ, г	151,2 ± 23,5 111,0–185,0	160,0 ± 24,7 119,0–193,0	0,25
ИММЛЖ, г/м ²	83,7 ± 8,6 70,0–96,0	84,8 ± 9,2 72,0–98,0	0,22
ФВ, %	64,7 ± 6,5 56,0–74,0	63,9 ± 6,3 55,0–73,0	0,81
КСО, мл	30,0 ± 6,8 17,0–43,0	32,7 ± 7,5 19,0–45,0	0,81
КДО, мл	91,7 ± 20,9 60,0–121,0	95,5 ± 22,3 61,0–132,0	0,58
УО, мл	69,8 ± 8,9 56,0–83,0	68,8 ± 9,3 55,0–86,0	0,81

Представление материала как в табл. 1.

тканевой импульсволновой доплерографии движения латеральной части митрального кольца представлены в табл. 3. По всем параметрам трансмитрального кровотока были выявлены статистически значимые различия ($P < 0,05$). По данным тканевой импульсволновой доплерографии раннее диастолическое движение и отношение раннего диастолического к позднему диастолическому движению латеральной части кольца митрального клапана были достоверно ниже ($P < 0,05$) у лиц с артериальной гипертензией. Также были выявлены статистически значимые различия ($P < 0,05$) по таким показателям, как параметры времени (больше у больных артериальной гипертензией) и скорости ускорения (меньше у больных артериальной гипертензией) пика раннего диастолического движения латеральной части митрального кольца, а также скорости замедления (меньше

у больных артериальной гипертензией) пика раннего диастолического движения.

Как было отмечено выше, для оценки скорости движения стенок миокарда правого желудочка с помощью импульсволновой тканевой доплерографии определялись максимальные значения систолического (Sa), раннего (Ea) и позднего (Aa) диастолического движения медиальной и латеральной частей кольца трикуспидального клапана, для оценки диастолической дисфункции миокарда правого желудочка – соотношение двух последних параметров (Ea/Aa), а также время (AT и DT) и скорость (AR и DR) ускорения и замедления пика раннего диастолического движения медиальной и латеральной частей кольца трикуспидального клапана (табл. 4). По параметрам скоростей раннего и позднего диастолического движения, а также их отношения в исследуемых группах была

Таблица 3. Параметры трансмитрального кровотока и тканевого доплеровского исследования движения латеральной части митрального кольца у больных артериальной гипертензией и лиц контрольной группы

Показатели	Контрольная группа (n = 34)	Пациенты с артериальной гипертензией (n = 28)	P
MV E, м/с	0,81 ± 0,19 0,49–1,09	0,68 ± 0,17 0,42–0,93	0,01
MV A, м/с	0,58 ± 0,16 0,33–0,82	0,67 ± 0,20 0,38–0,99	0,04
MV E/A	1,51 ± 0,55 0,72–2,28	1,11 ± 0,39 0,56–1,74	0,01
MV E DT, мс	177,13 ± 35,48 119,00–238,00	219,30 ± 50,25 128,00–301,00	0,00
LV Sa, м/с	0,12 ± 0,02 0,08–0,16	0,11 ± 0,03 0,06–0,16	0,61
LV Ea, м/с	0,16 ± 0,05 0,08–0,24	0,12 ± 0,04 0,05–0,19	0,01
LV Aa, м/с	0,11 ± 0,03 0,05–0,17	0,13 ± 0,03 0,08–0,18	0,23
LV Ea/Aa	1,62 ± 0,47 0,79–2,34	1,05 ± 0,48 0,25–1,86	0,01
LV AT, мс	56,00 ± 13,07 37,00–80,00	64,26 ± 17,71 39,00–95,00	0,03
LV AR, м/с ²	3,02 ± 1,15 1,09–5,03	1,99 ± 1,01 0,45–3,94	0,00
LV DT, мс	113,76 ± 30,05 68,00–160,00	114,35 ± 35,14 60,00–168,00	0,77
LV DR, м/с ²	2,34 ± 1,01 0,74–4,08	1,51 ± 0,73 0,31–2,68	0,04
MV E/LV Ea	5,65 ± 1,90 2,62–9,02	6,74 ± 3,10 1,23–11,25	0,30

Представление материала как в табл. 1.

Таблица 4. Параметры тканевого доплеровского исследования движения медиальной и латеральной частей кольца трикуспидального клапана у больных артериальной гипертензией и лиц контрольной группы

Показатели	Контрольная группа (n = 34)	Пациенты с артериальной гипертензией (n = 28)	P
Sa M, м/с	0,09 ± 0,01 0,07–0,11	0,10 ± 0,02 0,07–0,14	0,70
Ea M, м/с	0,13 ± 0,03 0,08–0,18	0,10 ± 0,03 0,05–0,16	0,00
Aa M, м/с	0,10 ± 0,03 0,04–0,15	0,12 ± 0,02 0,08–0,16	0,02
Ea/Aa M	1,34 ± 0,52 0,40–2,16	0,85 ± 0,25 0,44–1,31	0,00
AT M, мс	58,77 ± 15,30 36,00–83,00	54,46 ± 19,72 22,00–89,00	0,31
AR M, м/с ²	2,34 ± 1,05 0,56–4,01	2,01 ± 1,01 0,43–3,88	0,27
DT M, мс	140,79 ± 56,75 52,00–223,00	141,21 ± 36,25 85,00–202,00	0,96
DR M, м/с ²	1,97 ± 1,01 0,45–3,65	1,42 ± 0,73 0,24–2,75	0,35
TV E/Ea M	7,00 ± 2,00 3,62–10,54	8,30 ± 3,56 2,21–13,47	0,07
Sa L, м/с	0,13 ± 0,02 0,09–0,17	0,14 ± 0,03 0,09–0,20	0,42
Ea L, м/с	0,14 ± 0,03 0,08–0,19	0,11 ± 0,03 0,05–0,17	0,01
Aa L, м/с	0,13 ± 0,04 0,05–0,20	0,15 ± 0,04 0,08–0,23	0,04
Ea/Aa L	1,22 ± 0,53 0,34–2,08	0,84 ± 0,30 0,30–1,31	0,04
AT L, мс	119,36 ± 37,74 45,00–181,00	130,18 ± 49,11 58,00–214,00	0,33
AR L, м/с ²	1,31 ± 0,69 0,32–2,45	0,97 ± 0,31 0,38–1,57	0,04
DT L, мс	135,29 ± 38,42 62,00–201,00	145,18 ± 52,59 60,00–230,00	0,15
DR L, м/с ²	1,11 ± 0,52 0,28–1,98	0,92 ± 0,42 0,29–1,67	0,15

Представление материала как в табл. 1.

получена статистически достоверная разница ($P < 0,05$). Также можно наблюдать статистически значимое различие между значениями ускорения пика раннего диастолического движения латеральной части трикуспидального кольца ($P < 0,05$). Остальные параметры статистически значимо не отличались и были в пределах нормы в обеих группах.

Показатели, полученные в режиме отслеживания движения пятен (speckle tracking), представлены в табл. 5. При анализе деформационных свойств правого желудоч-

ка при эхокардиографии в режиме speckle tracking было получено статистически значимое снижение модулей параметров максимального значения деформации и пиковой продольной скорости в фазу раннего диастолического наполнения ($P < 0,05$), что может свидетельствовать о наличии ранних проявлений диастолической дисфункции миокарда у данной категории больных. Тенденция к снижению других показателей эхокардиографии в режиме speckle tracking у больных артериальной гипертензией не была статистически достоверной.

Таблица 5. Показатели деформационных свойств миокарда правого желудочка у больных артериальной гипертензией и лиц контрольной группы

Показатели	Контрольная группа (n = 34)	Пациенты с артериальной гипертензией (n = 28)	P
V S, см/с	4,49 ± 1,03 2,98–6,14	4,21 ± 1,50 2,43–6,28	0,11
V E, см/с	–4,31 ± 1,67 –7,25––1,56	–3,42 ± 1,46 –6,12––1,08	0,04
V A, см/с	–2,83 ± 1,17 –4,89––0,88	–3,26 ± 1,53 –5,75––0,91	0,17
S, %	–22,06 ± 5,12 –30,04––13,65	–19,23 ± 6,23 –28,62––11,01	0,03
SR S, с ^{–1}	–1,40 ± 0,32 –1,96––0,85	–1,27 ± 0,33 –1,76––0,71	0,07
SR E, с ^{–1}	1,35 ± 0,50 0,62–2,14	1,25 ± 0,45 0,56–2,03	0,08
SR A, с ^{–1}	0,90 ± 0,32 0,41–1,40	0,96 ± 0,34 0,44–1,46	0,09
D, мм	8,79 ± 2,70 5,56–12,64	7,63 ± 3,18 3,67–12,92	0,07

Представление материала как в табл. 1.

ОБСУЖДЕНИЕ

Оценив параметры тканевой доплерографии кольца трикуспидального клапана и деформационные свойства правого желудочка в режиме отслеживания движения пятен (speckle tracking), нами был проведен сравнительный анализ состояния миокарда правого желудочка у здоровых лиц и пациентов с впервые диагностированной артериальной гипертензией.

Группа больных артериальной гипертензией была сопоставима по возрасту, площади поверхности тела и индексу массы тела со здоровыми лицами контрольной группы. Показатели КСР, КДР, МЖП, ЗСЛЖ, ММЛЖ, ИММЛЖ не отличались у пациентов с артериальной гипертензией и здоровых лиц контрольной группы. Полученные результаты насосной функции левого желудочка характеризуют нормальную функцию левого желудочка у больных артериальной гипертензией, так как статистически значимых различий по показателям ФВ, КСО, КДО, УО и УИ выявлено не было, в обеих группах они были в диапазоне нормальных значений. Параметры трансмитрального кровотока статистически достоверно различались между двумя группами, наблюдалось достоверное различие отношения скорости раннего и позднего диастолического наполнения ($P < 0,05$). В контроль-

ной группе значения MV E/A составили $1,51 \pm 0,55$, у пациентов с артериальной гипертензией – $1,11 \pm 0,39$.

На основании полученных параметров тканевого доплеровского исследования можно сделать вывод о наличии диастолических нарушений левого желудочка у больных артериальной гипертензией. Параметры LV Ea и LV Ea/Aa дали статистически значимые различия ($P < 0,05$). В контрольной группе они равнялись $0,16 \pm 0,05$ м/с и $1,62 \pm 0,47$, а у больных артериальной гипертензией – $0,12 \pm 0,04$ м/с и $1,05 \pm 0,48$ соответственно.

При тканевой импульсно-волновой доплерографии в группе пациентов с артериальной гипертензией было получено статистически значимое снижение такого параметра, как отношение раннего диастолического движения к позднему диастолическому движению латеральной и медиальной частей трикуспидального клапана (Ea/Aa L и Ea/Aa M), что полностью совпадает с результатами исследования М.Б. Полтановой и соавт. [14], данные которого наглядно демонстрируют, что показатели диастолического движения фиброзных колец атрио-вентрикулярных клапанов изменяются более выражено и в большем проценте случаев выявляют диастолическую дисфункцию, чем показатели диастолических

потоков, особенно в группе больных артериальной гипертензией степени I. Авторы выявили эту закономерность также у больных артериальной гипертензией степеней II и III. $Ea/Aa L$ и $Ea/Aa M$ при степени I равнялись 0,72 (0,64–0,80) и 0,90 (0,65–1,31) (медиана, 25–75-й процентиля), степени II – 0,65 (0,54–0,71) и 0,70 (0,64–0,73), степени III – 0,64 (0,57–0,72) и 0,56 (0,49–0,63), а у здоровых лиц – 1,55 (1,44–2,20) и 1,67 (1,50–2,00) соответственно. Это свидетельствует о том, что наше исследование подтверждает вывод коллег – наиболее ранним маркером диастолической дисфункции правого желудочка у больных артериальной гипертензией является изменение показателя отношения скоростей раннего и позднего диастолического движения кольца трикуспидального клапана.

При оценке диастолической функции М.Б. Полтанова и соавт. [14] также получили статистически достоверное снижение показателя максимальной скорости раннего диастолического движения латеральной части трикуспидального клапана ($Ea L$) у больных артериальной гипертензией степеней I, II и III ($Ea L$ при степенях I и II равнялась 0,110 (0,093–0,137) и 0,110 (0,095–0,130) м/с, при степени III – 0,095 (0,080–0,120) м/с, а у здоровых лиц – 0,180 (0,170–0,205) м/с). В нашей работе, в отличие от [14], было получено аналогичное статистически значимое снижение и показателя максимальной скорости раннего диастолического движения медиальной части трикуспидального клапана ($Ea M$) у больных артериальной гипертензией степени I.

Сравнивая полученные в контрольной группе результаты эхокардиографии в режиме отслеживания движения пятен с результатами исследования N.M. Fine et al. [15] среди здоровых лиц, можно отметить, что данные по максимальному значению деформации миокарда правого желудочка (S) и скорости деформации миокарда правого желудочка в систолу (SR S) практически совпадают, если учитывать среднее значение для всех сегментов свободной стенки. В исследовании [15] S равна $-21,7 \pm 4,2\%$ ($M \pm \sigma$), а SR S – $-1,3 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$. В нашем же исследовании в апикальной 4-камерной позиции у здоровых лиц S и SR S равнялись $-22,06 \pm 5,12\%$ и $-1,40 \pm 0,32 \text{ с}^{-1}$ соответственно.

В исследовании H. Motoki et al. [16] у пациентов с хронической сердечной недостаточностью различной степени при помощи модуля векторной визуализации скорости VVI по продольной оси в 4-камерной апикальной позиции была выявлена статистически достоверная связь между максимальной деформацией миокарда правого желудочка (S), с одной стороны, и конечно-систolicким объемом и ФВ левого желудочка – с другой (коэффициент ранговой корреляции Спирмена равен 0,35 и $-0,45$ при $P < 0,0001$). Авторы [16] сделали вывод о том, что показатель максимальной деформации миокарда правого желудочка является предиктором проявлений левожелудочковой недостаточности и может выступать как ранний диагностический критерий заболеваний сердечно-сосудистой системы. В подтверждение этого вывода в нашем исследовании у лиц с впервые выявленной артериальной гипертензией степени I при эхокардиографии в режиме speckle tracking отмечалось достоверное снижение модулей S по сравнению со здоровыми лицами ($-19,23 \pm 6,23\%$ и $-22,06 \pm 5,12\%$), что может свидетельствовать о ранних проявлениях систолической дисфункции миокарда у данной категории больных, а также достоверное снижение модулей пиковой продольной скорости в фазу раннего диастолического наполнения (V E).

В крупном исследовании M. Tadic et al. [17] было показано, что деформационные свойства правого желудочка, полученные в режиме отслеживания движения пятен, существенно отличались между группой здоровых лиц и группами с высоким нормальным артериальным давлением и с артериальной гипертензией. В отличие от нашей работы коллегами было получено статистически значимое ($P < 0,05$) изменение всех параметров деформации – S, SR S, SR E, SR A как для всего правого желудочка, так и для МЖП. Возможно, это связано с большим количеством пациентов, включенных в исследование. При этом параметры правого желудочка анализировались суммарно для всех сегментов, в том числе и верхушечных, тогда как в нашем исследовании для анализа использовались усредненные продольные показатели только средних и базальных сегментов в каждой из изучаемых проекций. В связи с этим зна-

чения показателей деформации в исследовании [17] выше, чем в данном. Максимальное значение деформации (S) у лиц с оптимальным артериальным давлением было равно $-30 \pm 5\%$ ($M \pm \sigma$), у лиц с высоким нормальным артериальным давлением – $-27 \pm 4\%$, у больных артериальной гипертензией – $-25 \pm 4\%$ (достоверные различия при попарном сравнении всех групп). Скорости деформации миокарда в систолу (SR S), в фазу раннего (SR E) и позднего (SR A) диастолического наполнения у лиц с оптимальным артериальным давлением равнялись $-1,55 \pm 0,41 \text{ с}^{-1}$, $1,85 \pm 0,44 \text{ с}^{-1}$ и $1,60 \pm 0,37 \text{ с}^{-1}$, у лиц с высоким нормальным артериальным давлением – $-1,34 \pm 0,38 \text{ с}^{-1}$, $1,80 \pm 0,42 \text{ с}^{-1}$ и $1,78 \pm 0,39 \text{ с}^{-1}$, а у больных артериальной гипертензией – $-1,32 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$, $1,64 \pm 0,39 \text{ с}^{-1}$ и $1,81 \pm 0,40 \text{ с}^{-1}$. На основании данных результатов авторы [17] сделали выводы, что ранние субклинические изменения в механике правого желудочка могут быть зафиксированы уже у людей с высоким нормальным артериальным давлением (1) и что максимальное значение деформации (S) правого желудочка (модуль) постепенно достоверно убывает по мере нарастания повышения артериального давления у разных групп пациентов (2). Этот вывод подтверждается и нашим исследованием.

Таким образом, хотя применение импульсно-волновой тканевой доплерографии кольца трикуспидального клапана и позволяет выявить ряд закономерностей, характерных для больных артериальной гипертензией, однако дает возможность судить лишь косвенно о состоянии функции правого желудочка, тогда как использование эхокардиографии в режиме отслеживания движения пятен (speckle tracking) открывает перспективы для исследования изменений, происходящих непосредственно в миокарде правого желудочка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mancica G., Fagard R., Narkiewicz K., Redon J., Zanchetti A., Bohm M., Christiaens T., Cifkova R., De Backer G., Dominiczak A., Galderisi M., Grobbee D.E., Jaarsma T., Kirchhof P., Kjeldsen S.E., Laurent S., Manolis A.J., Nilsson P.M., Ruilope L.M., Schmieder R.E., Sirnes P.A., Sleight P., Viigimaa M., Waeber B., Zannad F.; Task Force Members. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) // *J. Hypertens.* 2013. V. 31. No. 10. P. 1281–1357. Doi: 10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
2. Подзолков В.И. Артериальная гипертензия. М.: Медицинское информационное агентство, 2016. 424 с.
3. Флаксампф Ф.А. Практическая эхокардиография. М.: МЕДпресс-информ, 2013. С. 258–259.
4. Сандриков В.А., Фисенко Е.П., Кулагина Т.Ю. Ультразвуковые и лучевые технологии в клинической практике. М.: Стром, 2012. С. 45–53.
5. Kucher N., Rossi E., De Rosa M., Goldhaber S.Z. Prognostic role of echocardiography among patients with acute pulmonary embolism and a systolic arterial pressure of 90 mm Hg or higher // *Arch. Intern. Med.* 2005. V. 165. No. 15. P. 1777–1781.
6. Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. Эхокардиография от М.К. Рыбаковой. М.: Видар, 2016. С. 251–277.
7. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар, 2012. С. 9–55.
8. Abhayaratna W.P., Seward J.B., Appleton C.P., Douglas P.S., Oh J.K., Tajik A.J., Tsang T.S. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006. V. 47. No. 12. P. 2357–2363.
9. Sabharwal N., Cemin R., Rajan K., Hickman M., Lahiri A., Senior R. Usefulness of left atrial volume as a predictor of mortality in patients with ischemic cardiomyopathy // *Am. J. Cardiol.* 2004. V. 94. No. 6. P. 760–763.
10. Tanaka H., Kawai H., Tatsumi K., Kataoka T., Onishi T., Nose T., Mizoguchi T., Yokoyama M. Relationship between regional and global left ventricular systolic and diastolic function in patients with coronary artery disease assessed by strain rate imaging // *Circ. J.* 2007. V. 71. No. 4. P. 517–523.
11. Leung D.Y., Ng A.C. Emerging clinical role of strain imaging in echocardiography // *Heart Lung Circ.* 2010. V. 19. No. 3. P. 161–174. Doi: 10.1016/j.hlc.2009.11.006.
12. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afzalalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015. V. 16. No. 3. P. 233–270. Doi: 10.1093/ehjci/jev014.
13. Suffoletto M.S., Dohi K., Cannesson M., Saba S., Gorcsan J. 3rd. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict

- response to cardiac resynchronization therapy // *Circulation*. 2006. V. 113. No. 7. P. 960–968. Doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.571455.
14. Полтанова М.Б., Стручков П.В., Цека О.С. Оценка показателей доплеровского движения фиброзных колец атриовентрикулярных клапанов в исследовании функционального состояния сердца у больных артериальной гипертензией // *Вестник новых медицинских технологий*. 2011. Т. 18. № 4. С. 105–109.
 15. Fine N.M., Shah A.A., Han I.Y., Yu Y., Hsiao J.F., Koshino Y., Saleh H.K., Miller F.A. Jr., Oh J.K., Pellikka P.A., Villarraga H.R. Left and right ventricular strain and strain rate measurement in normal adults using velocity vector imaging: an assessment of reference values and intersystem agreement // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2013. V. 29. No. 3. P. 571–580. Doi: 10.1007/s10554-012-0120-7.
 16. Motoki H., Borowski A.G., Shrestha K., Hu B., Kusunose K., Troughton R.W., Tang W.H., Klein A.L. Right ventricular global longitudinal strain provides prognostic value incremental to left ventricular ejection fraction in patients with heart failure // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2014. V. 27. No. 7. P. 726–732. Doi: 10.1016/j.echo.2014.02.007.
 17. Tadic M., Cuspidi C., Pencic B., Sljivic A., Ivanovic B., Neskovic A., Scepanovic R., Celic V. High-normal blood pressure impacts the right heart mechanics: a three-dimensional echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging study // *Blood Press. Monit.* 2014. V. 19. No. 3. P. 145–152. Doi: 10.1097/MBP.0000000000000043.
- ## REFERENCES
1. Mancica G., Fagard R., Narkiewicz K., Redon J., Zanchetti A., Bohm M., Christiaens T., Cifkova R., De Backer G., Dominiczak A., Galderisi M., Grobbee D.E., Jaarsma T., Kirchhof P., Kjeldsen S.E., Laurent S., Manolis A.J., Nilsson P.M., Ruilope L.M., Schmieder R.E., Sirnes P.A., Sleight P., Viigimaa M., Waeber B., Zannad F.; Task Force Members. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) // *J. Hypertens.* 2013. V. 31. No. 10. P. 1281–1357. Doi: 10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
 2. Podzolkov V.I. Arterial hypertension. Moscow: Medical Information Agency, 2016. 424 p. (Book in Russian)
 3. Flakskampf F.A. Practical Echocardiography. Moscow: MEDpress-inform, 2013. P. 258–259. (Book in Russian)
 4. Sandrikov V.A., Fisenko E.P., Kulagina T.Yu. Ultrasound and Radiology in Clinical Practice. Moscow: Strom, 2012. P. 45–53. (Book in Russian)
 5. Kucher N., Rossi E., De Rosa M., Goldhaber S.Z. Prognostic role of echocardiography among patients with acute pulmonary embolism and a systolic arterial pressure of 90 mm Hg or higher // *Arch. Intern. Med.* 2005. V. 165. No. 15. P. 1777–1781.
 6. Rybakova M.K., Mitkov V.V., Baldin D.G. Echocardiography. Moscow: Vidar, 2016. P. 251–277. (Book in Russian)
 7. Alekhin M.N. Ultrasound in Assessment of Myocardial Deformation. Moscow: Vidar, 2012. P. 9–55. (Book in Russian)
 8. Abhayaratna W.P., Seward J.B., Appleton C.P., Douglas P.S., Oh J.K., Tajik A.J., Tsang T.S. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006. V. 47. No. 12. P. 2357–2363.
 9. Sabharwal N., Cemin R., Rajan K., Hickman M., Lahiri A., Senior R. Usefulness of left atrial volume as a predictor of mortality in patients with ischemic cardiomyopathy // *Am. J. Cardiol.* 2004. V. 94. No. 6. P. 760–763.
 10. Tanaka H., Kawai H., Tatsumi K., Kataoka T., Onishi T., Nose T., Mizoguchi T., Yokoyama M. Relationship between regional and global left ventricular systolic and diastolic function in patients with coronary artery disease assessed by strain rate imaging // *Circ. J.* 2007. V. 71. No. 4. P. 517–523.
 11. Leung D.Y., Ng A.C. Emerging clinical role of strain imaging in echocardiography // *Heart Lung Circ.* 2010. V. 19. No. 3. P. 161–174. Doi: 10.1016/j.hlc.2009.11.006.
 12. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2015. V. 16. No. 3. P. 233–270. Doi: 10.1093/ehjci/jev014.
 13. Suffoletto M.S., Dohi K., Cannesson M., Saba S., Gorcsan J. 3rd. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy // *Circulation*. 2006. V. 113. No. 7. P. 960–968. Doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.571455.
 14. Poltanova M.B., Struchkov P.V., Tseka O.S. Doppler tissue imaging of atrioventricular valves in patients with arterial hypertension // *Journal of New Medical Technologies*. 2011. V. 18. No. 4. P. 105–109. (Article in Russian)
 15. Fine N.M., Shah A.A., Han I.Y., Yu Y., Hsiao J.F., Koshino Y., Saleh H.K., Miller F.A. Jr., Oh J.K., Pellikka P.A., Villarraga H.R. Left and right ventricular strain and strain rate measurement in normal adults using velocity vector imaging: an assessment of reference values and intersystem agreement // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2013. V. 29. No. 3. P. 571–580. Doi: 10.1007/s10554-012-0120-7.

16. Motoki H., Borowski A.G., Shrestha K., Hu B., Kusunose K., Troughton R.W., Tang W.H., Klein A.L. Right ventricular global longitudinal strain provides prognostic value incremental to left ventricular ejection fraction in patients with heart failure // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2014. V. 27. No. 7. P. 726–732.
Doi: 10.1016/j.echo.2014.02.007.
17. Tadic M., Cuspidi C., Pencic B., Sljivic A., Ivanovic B., Neskovic A., Scepanovic R., Celic V. High-normal blood pressure impacts the right heart mechanics: a three-dimensional echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging study // Blood Press. Monit. 2014. V. 19. No. 3. P. 145–152.
Doi: 10.1097/MBP.0000000000000043.

Speckle tracking echocardiography and pulsed-wave tissue Doppler imaging in right ventricle assessment in patients with arterial hypertension

S.I. Ivanov¹, V.V. Matveev², L.M. Kuznetsova^{3,4}

¹ Central State Medical Academy of Affairs Management Department of President of Russian Federation, Moscow

² Medical Clinics “IMMA”, Moscow

³ B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow

S.I. Ivanov – M.D., Clinical Resident, Division of Therapy, Cardiology, and Nephrology, Central State Medical Academy of Affairs Management Department of President of Russian Federation, Moscow. V.V. Matveev – M.D., Ph.D., Associate Professor, Medical Clinics “IMMA”, Moscow. L.M. Kuznetsova – M.D., Ph.D., Professor, Chief Researcher, Laboratory of Electrophysiology, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow; Professor, Division of Functional and Ultrasound Diagnostics, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow.

The aim of the study was right ventricle strain and displacement comparative evaluation with the use of speckle tracking echocardiography and pulse-wave tissue Doppler imaging in patients with arterial hypertension and healthy individuals. A total of 62 patients (36 men and 26 women) aged 31 to 59 years were included in to the study. 28 of them were untreated patients with arterial hypertension stage I. Significant differences between the groups were obtained in early (Ea) and late (Aa) diastolic movement velocities of tricuspid annulus lateral and medial segments, their ratios (Ea/Aa), and Ea acceleration rate of tricuspid annulus lateral segment ($P < 0.05$). Statistically significant decrease of right ventricle peak systolic longitudinal strain (S) and early diastolic velocity (V E) (modulus) assessed with speckle tracking echocardiography were obtained in patients with arterial hypertension stage I.

Key words: tissue Doppler imaging, speckle tracking, right ventricle, arterial hypertension.

Citation: Ivanov S.I., Matveev V.V., Kuznetsova L.M. Speckle tracking echocardiography and pulsed-wave tissue Doppler imaging in right ventricle assessment in patients with arterial hypertension // Ultrasound and Functional Diagnostics. 2018. No. 3. P. 41–52. (Article in Russian)