

DOI: 10.31550/2712-8601-VT-2023-4-1

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ В СОЧЕТАНИИ С ЕГО ДИАСТОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ

Т.В. Калинкина ✉, Н.В. Ларёва, М.В. Чистякова

ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, г. Чита

Резюме

**Цель исследования:** изучить показатели продольной, радиальной и циркулярной деформации левого желудочка у пациентов с гипертонической болезнью в зависимости от наличия его диастолической дисфункции.

**Дизайн:** одномоментное поперечное когортное исследование.

**Материалы и методы.** Обследованы 60 больных (28 женщин и 32 мужчины, средний возраст —  $42 \pm 9,4$  года) с гипертонической болезнью 1–2 стадии, наблюдавшиеся в кардиологическом отделении Дорожной клинической больницы станции Чита-2 в 2018–2019 гг. Деформация миокарда левого желудочка изучалась на аппарате Artida pro Toshiba (Япония) методом двумерного серошкального В-модального изображения с помощью автоматической постобработки данных в программе 2D Wall Motion Tracking. Определялось среднее значение глобального сегментарного стрейна.

**Результаты.** В исследуемых группах выявлены статистически значимые различия между показателями глобальной продольной и радиальной деформации. Глобальная продольная деформация в группе пациентов с гипертонической болезнью в сочетании с нарушением диастолы была на 23,3% ниже по сравнению с показателями пациентов, не имеющих диастолической дисфункции ( $p = 0,0047$ ). Показатель радиальной деформации во 2-й группе на 28,1% был меньше, чем в 1-й ( $p = 0,003$ ). У пациентов с гипертонической болезнью в сочетании с нарушением диастолы глобальный уровень продольного стрейна существенно снижен за счет показателей переднего среднего сегментального желудочка, которые на 36,9% меньше, чем у больных без нарушения расслабления ЛЖ ( $p = 0,009$ ).

**Заключение.** У пациентов с гипертонической болезнью наблюдается скрытая миокардиальная дисфункция, более выраженная у больных с имеющимся диастолическим расслаблением левого желудочка.

**Ключевые слова:** деформация левого желудочка, гипертоническая болезнь, диастолическая дисфункция.

Для  
цитирования

Калинкина Т.В., Ларёва Н.В., Чистякова М.В. Изменение показателей деформации левого желудочка при гипертонической болезни в сочетании с его диастолической дисфункцией. *Вестник терапевта*. 2023. № 4 (59). DOI: 10.31550/2712-8601-VT-2023-4-1. URL: <https://journaltherapy.ru/statyi/izmenenie-pokazatelej-deformacii-levogo-zheludochka-pri-gipertonicheskoy-bolezni-v-sochetanii-s-ego-diastolicheskoy-disfunkciej/> (дата обращения: дд.мм.гггг)

**Калинкина Татьяна Владимировна** ✉ — к. м. н., доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России. 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39А. eLIBRARY.RU SPIN: 7647-2060. <https://orcid.org/0000-0001-7927-7368>. E-mail: [kalink-tatyana@yandex.ru](mailto:kalink-tatyana@yandex.ru)

**Ларёва Наталья Викторовна** — д. м. н., проректор по научной работе, заведующая кафедрой факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России. 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39А. eLIBRARY.RU SPIN: 1228-6205. <https://orcid.org/0000-0001-9498-9216>. E-mail: [larevanv@mail.ru](mailto:larevanv@mail.ru)

**Чистякова Марина Владимировна** — д. м. н., профессор кафедры функциональной и ультразвуковой диагностики ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России. 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39А. eLIBRARY.RU SPIN: 9759-2299. <https://orcid.org/0000-0001-6280-0757>. E-mail: [m.44444@yandex.ru](mailto:m.44444@yandex.ru)

## CHANGES IN INDICATORS OF LEFT VENTRICULAR DEFORMATION IN HYPERTENSION IN COMBINATION WITH ITS DIASTOLIC DYSFUNCTION

T.V. Kalinkina ✉, N.V. Lareva, M.V. Chistyakova

Chita State Medical Academy; 39A Gorkogo Str., Chita, Russian Federation 672000

**Aim:** To study the parameters of longitudinal, radial and circular deformation of the left ventricle in patients with hypertension, depending on the presence of its diastolic dysfunction.

**Design:** Single-stage cross-sectional cohort study.

**Materials and methods.** 60 patients (28 female and 32 male, the average age —  $42 \pm 9.4$  years.) with hypertonic disease 1–2 stage, leading to the Cardiology Department of the first Clinical Hospital of the state of Chita II. Deformation of the left gastric myocardium was studied on the device Artida pro Toshiba (Japan) by the method of dual sero-modal modeling with the help of automatic post-processing given in the 2D Wall Motion Tracking program. Define the mean of the global segment.

**Results.** Differences were revealed in the groups of patients with hypertension in terms of global and longitudinal deformation: global longitudinal deformation decreased in the group of patients with GB in combination with diastole disorder by 23.3% compared with patients without diastolic dysfunction ( $p = 0.0047$ ). The index of radial deformation also decreased in patients of group 2 by 28.1% ( $p = 0.003$ ). The anterior middle segment of the LV makes a significant contribution to the reduction of the global level of longitudinal strain in patients with hypertension in combination with a violation of diastole.

**Conclusion.** In patients with hypertension, latent myocardial dysfunction is observed, more pronounced in patients with the presence of diastolic relaxation of the left ventricle.

*Keywords:* left ventricular deformity, hypertension, diastolic dysfunction.

Особенностью деформации левого желудочка (ЛЖ) во время систолы является разнонаправленное укорочение миокардиоцитов в различных плоскостях движения. Известно, что изучение этих показателей может выявить скрытую миокардиальную дисфункцию на этапе, когда сохранна систолическая функция и нет клинических проявлений сердечной недостаточности [1]. В случае имеющегося нарушения расслабления миокарда ЛЖ происходит изменение скоро-

сти скручивания и восстановления саркомеров кардиомиоцитов [2–4].

Для изучения функционирования сердечной мышцы представляет интерес метод спекл-трекинга (speckle-tracking), в основе которого лежит отслеживание траектории движения (tracking) в ходе сердечного цикла акустических маркеров миокарда (speckle) в серошкальном двухмерном ультразвуковом изображении [5]. Каждый фрагмент ткани миокарда кодируется индивидуальным

оттенком серого цвета, в результате чего формируется характерный для конкретного участка, уникальный рисунок акустических пятен (speckle pattern), который возможно отследить в течение сердечного цикла с помощью специализированного программного обеспечения. Компьютерная обработка данных о траектории движения акустических пятен позволяет получить цифровые значения, графики и диаграммы деформации и скорости деформации ЛЖ (глобальной деформации) и его сегментов (региональной деформации).

Поскольку у пациентов с артериальной гипертензией часто встречается изолированная гипертрофия межжелудочковой перегородки и изменение продольной систолической функции ЛЖ, метод спекл-трекинга имеет важное значение для оценки доклинической дисфункции ЛЖ [2, 6, 7].

**Цель исследования:** изучить показатели продольной, радиальной и циркулярной деформации ЛЖ у пациентов с гипертонической болезнью (ГБ) в зависимости от наличия его диастолической дисфункции (ДД).

## Материалы и методы

Обследованы 60 больных (28 женщин и 32 мужчины, средний возраст —  $40,5 \pm 2,2$  года у мужчин и  $43,7 \pm 3,8$  — у женщин) с ГБ 1–2 стадии, наблюдавшиеся в кардиологическом отделении Дорожной клинической больницы на станции Чита-2 в 2018–2019 гг. Проведение исследования одобрено Локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России (протокол № 83 от 31.01.2017 г.), получено добровольное информированное согласие пациентов.

Исследуемые пациенты были разделены на две группы: в 1-ю вошли 30 человек с нормальной диастолической функцией, во 2-ю — 30 больных с ДД. Диагноз верифицировался на основании тщательного анализа клинических данных, а также клинико-инструментальных исследований, включавших суточное мониторирование артериального давления, электрокардиографию (ЭКГ) по общепринятым методикам.

В контрольную группу вошли 30 здоровых людей без вредных привычек, не имеющие признаков сердечно-сосудистых и других хронических заболеваний. Средний возраст составил  $40,1 \pm 1,49$  года у мужчин и  $42,8 \pm 4,3$  — у женщин.

Наличие ДД ЛЖ диагностировали в импульсно-волновом режиме доплеровской визуализации тканей на аппарате Artida pro Toshiba (Япония), осуществляя апикальный доступ на уровне четырех камер, доплеровский спектр регистрировали от медиального и латерального отделов фиброзного кольца митрального клапана. Для получения максимальных значений скоростей угол между направлением луча и продольным движением структур старались сделать минимальным.

У пациентов исследуемых групп оценивали дисфункцию ЛЖ в соответствии с рекомендациями АОЭ/ЕАССВ-2016 по следующим критериям: отно-

шение скорости трансмитрального потока и скорости движения медиальной части фиброзного кольца митрального клапана —  $E/E_m > 14$ , скорость медиальной части фиброзного кольца митрального клапана —  $E_m < 7$  см/с, латерального —  $E_m < 10$  см/с, индекс объема левого предсердия  $> 34$  мл/м<sup>2</sup>, максимальная скорость трикуспидальной регургитации  $> 2,8$  м/с [2]. ДД ЛЖ диагностировали при наличии трех и более признаков, нормальную дисфункцию ЛЖ — при выявлении только одного, обнаружение двух из перечисленных критериев расценивали как неопределенный результат.

Деформация миокарда ЛЖ изучалась на аппарате Artida pro Toshiba (Япония) методом двумерного серошкального В-модального изображения с помощью автоматической постобработки данных в программе 2D Wall Motion Tracking (WMT). Необходимым условием для визуализации было наличие адекватного и устойчивого сигнала ЭКГ с отчетливыми комплексами QRS и зубцом Р. Осуществлялась хорошая визуализация всех исследуемых зон интереса ЛЖ и регистрация 3 последовательных сердечных циклов во время задержки дыхания при наличии регулярного сердечного ритма. Контур эндокард устанавливался на «4, 8, 12 часах», контур эпикард — автоматически. После оптимальной визуализации зон интереса программа генерировала данные в виде кривых стрейна и таблицы с подробными региональными и глобальными значениями каждого стрейна по сегментам.

WMT отслеживает движения стенки миокарда в 2D-режиме по методу speckle tracking. Образец изображения — это шаблон, который создается на основе рисунка локализованного сегмента миокарда, содержащегося в первых кадрах. Следующим этапом WMT находит точку миокарда (шаблон), максимально идентичную первоначальной, на основе данных о местоположении которой в последующих кадрах создается вектор движения. Такой алгоритм, основанный на анализе движения большого количества шаблонов, в результате позволяет получить целостное представление о движении стенки миокарда. Для полной оценки сердечного цикла описанный механизм применяется необходимое количество раз. Метод WMT является углонезависимым, так как не использует данные доплеровского исследования.

В ходе анализа определялось среднее значение глобального сегментарного стрейна. Радиальная деформация исследовалась в базальном и медиальном отделах ЛЖ в 2D-режиме по шести сегментам: нижнему, заднему, латеральному, переднему, переднесептальному и септальному. Верхушечные сегменты оценке не подлежали в связи с особенностью их анатомического строения: поскольку они имеют треугольную форму и мышечные слои миокарда располагаются в виде петли, отслеживание вектора деформации затруднено.

В норме значения сегментарного стрейна не должны быть ниже 20%. Радиальный стрейн

является наиболее однородным во всех сегментах по сравнению с другими видами, поэтому для изучения скрытой миокардиальной дисфункции мы предпочли изучить его параметры. Кроме того, впервые определены конечный систолический (ESV, мл), конечный диастолический (EDV, мл) объемы и фракция выброса (EF, %) на уровне базального и медиального сегментов. Данные показатели ГБ ранее изучались только в глобальном аспекте.

Статистическая обработка данных производилась с помощью программы Statistica 6.0. Соответствие наблюдаемого распределения количественных величин нормальному закону распределения оценивалось с использованием критерия Шапиро — Уилка. Все количественные признаки в нашем исследовании были распределены ненормально, поэтому при сравнении показателей использовался критерий Манна — Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Как показано в *таблице 1*, в исследуемых группах выявлены статистически значимые различия между показателями глобальной продольной и радиальной деформации. Так, у больных с ГБ в сочетании с нарушением диастолы по сравнению с пациентами, не имеющими ДД, на 23,3% была снижена глобальная продольная деформация и на 28,1% — радиальная ( $p = 0,0047$  и  $p = 0,003$  соответственно).

Согласно полученным нами данным (*табл. 2, рис. 1*), при исследовании продольного стрейна выявлены статистически значимые различия между показателями глобальной деформации ЛЖ у пациентов с ГБ в сочетании с ДД и без нарушения расслабления ЛЖ в переднеперегородочном, нижнеперегородочном, нижнем, нижнебоковом и переднем сегментах. Так, у больных 2-й группы по сравнению с пациентами 1-й отмечено снижение значений в среднем переднеперегородочном

сегменте на 43,7% ( $p = 0,004$ ), в нижнеперегородочном базальном — на 26,4% ( $p = 0,03$ ), а в среднем — на 35,6% ( $p = 0,001$ ). В нижнем среднем сегменте продольная деформация во 2-й группе была ниже, чем в 1-й, на 36,3% ( $p = 0,008$ ), в нижнебоковом базальном — на 35,8% ( $p = 0,004$ ), в среднем нижнебоковом — на 26,5% ( $p = 0,035$ ). В переднем среднем сегменте у пациентов с ГБ в сочетании с ДД регистрировался на 36,9% более низкий показатель по сравнению с данными больных без нарушения расслабления ЛЖ ( $p = 0,009$ ).

При изучении радиальной деформации (*рис. 2*) отмечались менее выраженные изменения, однако сохранялась тенденция к снижению данных в группе с ГБ в сочетании с ДД. Показатели в переднеперегородочном базальном сегменте у пациентов 1-й группы имели значения в пределах нормы (-22,4%), во 2-й группе отмечалось их снижение в переднеперегородочном базальном сегменте на 44,9% ( $p = 0,031$ ), в переднеперегородочном среднем — на 36,1% ( $p = 0,028$ ), а также в среднем

Рисунок 1

Определение продольной деформации левого желудочка сердца. Иллюстрация авторов

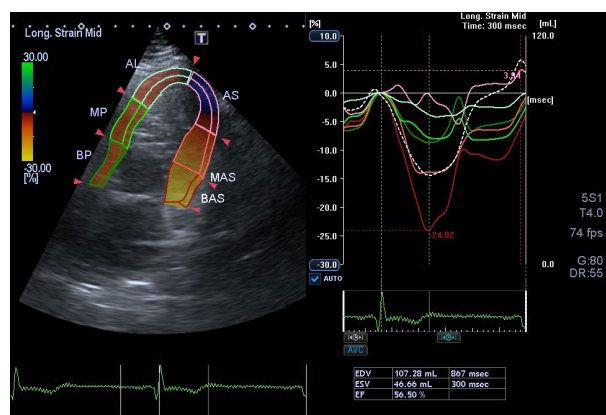


Таблица 1

Показатели глобальной деформации левого желудочка миокарда у пациентов с гипертонической болезнью, Ме [Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>]

Показатели	1-я группа	2-я группа	Статистическая значимость, p
Продольная деформация, %	-16,90 [14,2; 18,1]	-12,96 [11,5; 14,8]	0,0047
Скорость продольной деформации, с <sup>-1</sup>	-0,71 [0,2; 0,9]	-0,64 [0,3; 0,8]	0,069
Радиальная деформация, %	-19,9 [12,3; 25,4]	-14,3 [11,3; 15,4]	0,003
Скорость радиальной деформации, с <sup>-1</sup>	-1,8 [0,7; 2,6]	-1,1 [0,8; 1,5]	0,64
Циркулярная деформация, %	-18,4 [14,7; 22,3]	-16,8 [14,2; 18,3]	0,82
Скорость циркулярной деформации, с <sup>-1</sup>	-1,4 [1,1; 2,0]	-1,8 [0,9; 2,1]	0,56

Таблица 2

Показатели сегментарной деформации миокарда левого желудочка, Ме [Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>]

Сегмент левого желудочка	1-я группа	2-я группа	Статистическая значимость, р
<b>Продольная деформация, %</b>			
Переднеперегородочный			
• базальный	-15,3 [12,8; 16,7]	-11,5 [9,8; 12,9]	0,07
• средний	-18,5 [15,9; 19,5]	-10,4 [8,6; 11,7]	0,004
Нижнеперегородочный			
• базальный	-17,4 [15,4; 19,3]	-12,8 [10,8; 13,4]	0,03
• средний	-18,1 [15,5; 19,7]	-11,7 [9,5; 13,1]	0,001
Нижний			
• базальный	-17,2 [15,8; 19,4]	-15,1 [10,1; 15,6]	0,064
• средний	-17,9 [16,3; 20,9]	-11,4 [9,4; 13,8]	0,008
Нижнебоковой			
• базальный	-15,9 [11,3; 16,4]	-10,2 [8,1; 12,9]	0,004
• средний	-16,2 [14,8; 18,2]	-11,9 [9,3; 12,0]	0,035
Переднебоковой			
• базальный	-17,7 [15,4; 18,6]	-16,5 [12,3; 18,9]	0,076
• средний	-15,8 [13,2; 16,1]	-14,3 [11,6; 15,8]	0,084
Передний			
• базальный	-16,7 [14,2; 17,8]	-15,1 [10,4; 16,2]	0,051
• средний	-17,3 [15,4; 9,2]	-10,9 [8,3; 11,6]	0,009
<b>Радиальная деформация, %</b>			
Переднеперегородочный			
• базальный	-22,4 [20,4; 29,3]	-12,3 [10,4; 15,8]	0,031
• средний	-14,7 [8,4; 16,1]	-9,4 [8,3; 12,4]	0,028
Нижнеперегородочный			
• базальный	-24,7 [22,3; 26,7]	-22,7 [21,3; 25,8]	0,054
• средний	-16,1 [12,1; 17,8]	-10,6 [9,5; 12,4]	0,018
Нижний			
• базальный	-24,3 [21,5; 27,1]	-26,6 [24,3; 27,1]	0,61
• средний	-24,6 [21,3; 27,4]	-26,8 [24,8; 28,6]	0,55
Нижнебоковой			
• базальный	-24,4 [22,4; 26,1]	-26,5 [24,8; 27,1]	0,56
• средний	-23,9 [21,3; 24,5]	-26,3 [23,2; 28,4]	0,79
Переднебоковой			
• базальный	-23,3 [21,3; 25,4]	-26,3 [24,1; 28,2]	0,76
• средний	-23,1 [21,2; 25,8]	-26,4 [21,3; 27,4]	0,55
Передний			
• базальный	-20,2 [19,2; 22,4]	-21,4 [20,8; 23,5]	0,69
• средний	-23,1 [22,1; 25,3]	-24,4 [22,1; 26,4]	0,61
<b>Циркулярная деформация, %</b>			
Переднеперегородочный			
• базальный	-20,8 [18,5; 21,6]	-20,8 [15,8; 21,6]	0,82
• средний	-20,1 [15,4; 22,2]	-20,7 [14,9; 22,5]	0,93
Нижнеперегородочный			
• базальный	-20,2 [18,3; 22,1]	-21,6 [17,4; 22,8]	0,86
• средний	-20,0 [18,3; 22,1]	-21,3 [17,3; 22,5]	0,98
Нижний			
• базальный	-20,3 [17,6; 23,1]	-21,5 [18,4; 22,8]	0,92
• средний	-20,2 [17,5; 21,2]	-21,0 [17,4; 23,2]	0,79
Нижнебоковой			
• базальный	-19,9 [14,3; 25,3]	-20,9 [17,4; 22,1]	0,62
• средний	-20,0 [28,1; 32,3]	-20,8 [19,1; 21,3]	0,94
Переднебоковой			
• базальный	-19,9 [17,1; 21,1]	-20,8 [15,4; 22,0]	0,78
• средний	-19,8 [17,3; 21,9]	-20,7 [16,8; 21,7]	0,60
Передний			
• базальный	-20,1 [18,5; 22,2]	-20,8 [19,4; 21,6]	0,94
• средний	-19,8 [18,4; 21,8]	-20,6 [17,8; 21,3]	0,65

Рисунок 2

Определение радиальной деформации левого желудочка сердца. Иллюстрация авторов

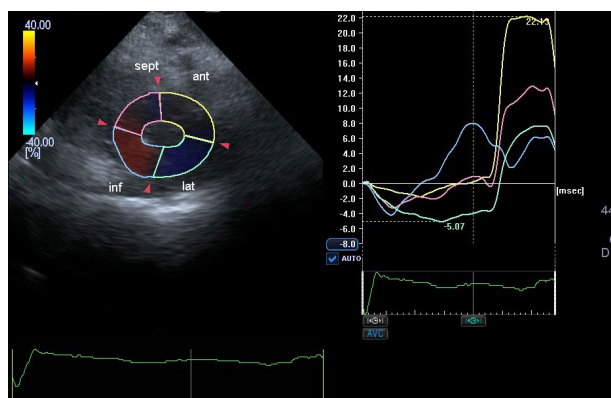
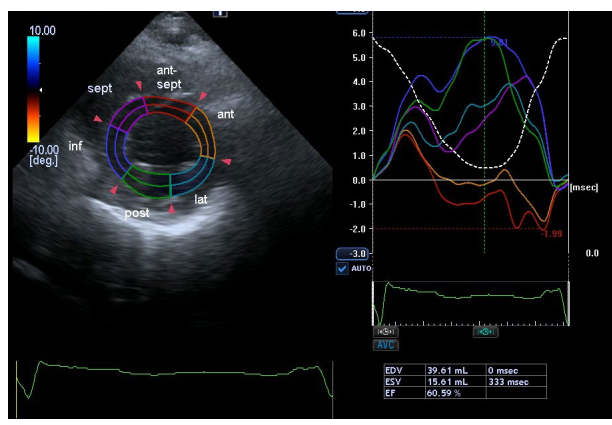


Рисунок 3

Определение циркулярной деформации левого желудочка сердца. Иллюстрация авторов



нижнеперегородочном — на 34,5% ( $p = 0,018$ ) по сравнению с данными пациентов 1-й группы.

При исследовании циркулярной деформации (рис. 3) статистически значимых различий в группах не выявлено.

Таким образом, у пациентов с ГБ в сочетании с нарушением диастолической функции ЛЖ отмечается скрытое локальное нарушение сократительной функции, более выраженное при изучении продольной глобальной и сегментарной деформации ЛЖ.

## Обсуждение

Для понимания масштаба проблемы на доклинической стадии формирования сердечной недостаточности особое значение имеет такой метод изучения показателей деформации миокарда ЛЖ, как speckle-tracking, который редко используется в рутинной практике, но дает большой объем

дополнительной информации о состоянии миокарда и, в частности, его бессимптомной систолической дисфункции [8].

В нашем исследовании глобальная продольная деформация была ниже в группе больных с ГБ в сочетании с нарушением диастолы на 23,3% по сравнению с пациентами, не имеющими ДД ( $p = 0,0047$ ), что согласуется с данными других авторов. Например, в работе, посвященной ранней стадии гипертрофии ЛЖ, при определенных мутациях генов выявлено нарушение глобального стрейна в продольном сечении [1]. Нами также отмечено снижение показателей радиальной деформации у больных с ГБ в сочетании с ДД ЛЖ. Похожие результаты получены в другом исследовании, выявившем нарушение локальной сократимости у больных с ишемической болезнью сердца до формирования гипертрофии ЛЖ — снижение глобальных показателей продольного и радиального стрейна [2, 9].

Особенно важно изучение регионарного стрейна. Исследователи отмечают изменение показателей деформации миокарда ЛЖ по сегментам. Так, было продемонстрировано, что стеноз коронарных артерий приводит к появлению очагов систолической дисфункции в нескольких сегментах ЛЖ при нормальных показателях его сократимости в рутинном исследовании эхокардиографии [1, 2, 10]. Есть данные о выявлении изменений показателей сегментарной деформации при инфаркте миокарда, когда появляется глобальная систолическая дисфункция ЛЖ [3, 4, 11]. Похожие результаты получены при оценке стрейна миокарда у лиц с сохраненной фракцией выброса на фоне хронической сердечной недостаточности (ХСН) I и II функционального класса [3, 12], когда у больных отмечается изменение продольного, радиального и циркулярного стрейнов миокарда ЛЖ [3, 13]. Более выраженное снижение показателей деформации наблюдалось при ХСН III и IV функционального класса [4, 14].

В нашем исследовании участвовали пациенты без проявлений сердечной недостаточности, ProBNP-пептид, указывающий на ее наличие, был в пределах нормы. Однако мы наблюдали снижение показателей деформации не по всем сегментам. Наиболее выраженные изменения отмечены у больных с ГБ в сочетании с ДД в нижнеперегородочных (среднем и базальном) сегментах. В нижнебоковом базальном сегменте уменьшение показателя глобальной продольной деформации составило 35,8% в группе больных ГБ без нарушения расслабления ЛЖ по сравнению с пациентами, имеющими нарушение диастолы ЛЖ ( $p = 0,004$ ). В среднем нижнебоковом сегменте отмечена аналогичная динамика — снижение показателя продольной деформации на 26,5% ( $p = 0,035$ ). То есть при отсутствии клинической картины ХСН мы наблюдали статистически значимое снижение стрейна как продольного, так и, в меньшей степени, радиального. Возможно, это свидетельствует о наличии у больных с ГБ в сочетании с нарушением расслабления ЛЖ наиболее ранних признаков

систолической дисфункции. В этом наши данные согласуются с рядом других исследований [4, 9, 15], показывающих снижение сегментарной деформации базального сегмента межжелудочковой перегородки у лиц с артериальной гипертензией, что может быть обусловлено высоким региональным напряжением из-за максимального радиуса ЛЖ на этом уровне.

## Заключение

У больных ГБ в сочетании с нарушением диастолической функции ЛЖ выявлены статистически значимые изменения показателей продольной и, в меньшей степени, радиальной деформации ЛЖ, что может свидетельствовать о скрытой систолической дисфункции у данной категории пациентов.

## Литература

1. Edvardsen T., Rosen B.D., Pan L., Jerosch-Herold M. et al. Regional diastolic dysfunction in individuals with left ventricular hypertrophy measured by tagged magnetic resonance imaging — the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) *Am. Heart J.* 2006;151(1):109–14. DOI: 10.1016/j.ahj.2005.02.018
2. Mechanick J.I., Garber A.J., Grunberger G., Handelsman Y. et al. Dysglycemia-based chronic disease: An American Association of Clinical Endocrinologists Position Statement. *Endocr. Pract.* 2018;24(11):995–1011. DOI:10.4158/PS-2018-0139
3. Negishi K., Negishi T., Kurosawa K., Hristova K. et al. Practical guidance in echocardiographic assessment of global longitudinal strain. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2015;8(4):489–92. DOI:10.1016/j.jcmg.2014.06.013
4. Kishi S., Gidding S.S., Reis J.P., Colangelo L.A. et al. Association of insulin resistance and glycemic metabolic abnormalities with LV structure and function in middle age: the CARDIA study. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2017;10(2):105–14. DOI:10.1016/j.jcmg.2016.02.033
5. Vishram J.K., Borglykke A., Andreassen A.H., Jeppesen J. et al. Impact of age on the importance of systolic and diastolic blood pressures for stroke risk: the MONICA, Risk, Genetics, Archiving, and Monograph (MORGAM) Project. *Hypertension.* 2012;60(5):1117–23. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.201400
6. Navarini S., Bellsham-Revell H., Chubb H., Gu H. et al. Myocardial deformation measured by 3-dimensional speckle tracking in children and adolescents with systemic arterial hypertension. *Hypertension.* 2017;70(6):1142–47. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.09574
7. Sengupta S.P., Caracciolo G., Thompson C., Abe H. et al. Early impairment of left ventricular function in patients with systemic hypertension: new insights with 2-dimensional speckle tracking echocardiography. *Indian Heart J.* 2013;65(1):48–52. DOI:10.1016/j.ihj.2012.12.009
8. Muraru D., Niero A., Rodriguez-Zanella H., Cherata D. et al. Three-dimensional speckle-tracking echocardiography: benefits and limitations of integrating myocardial mechanics with three-dimensional imaging. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2018;8(1):101–17. DOI: 10.21037/cdt.2017.06.01
9. Алехин М.Н. *Двухмерная спекл-трекинг-эхокардиография для оценки деформации миокарда и камер сердца. Учебное пособие.* М.: Видар-М; 2022. 112 с. Alekhin M.N. *Two-dimensional speckle tracking echocardiography to assess the deformation of the myocardium and cardiac chambers. Tutorial.* Moscow: Vidar-M; 2022. 112 p. (in Russian)
10. Степанова А.И., Алехин М.Н. Возможности и ограничения спекл-трекинг стресс-эхокардиографии. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2019;34(1):10–7. Stepanova A.I., Alekhin M.N. Capabilities and limitations of speckle tracking stress echocardiography. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2019;34(1):10–7. (in Russian). DOI: 10.29001/2073-8552-2019-34-1-10-17
11. Николаева А.В., Пименов Л.Т., Мельников А.В., Дударев М.В. Показатели глобальной продольной деформации миокарда левого желудочка и коронарного кровотока у пациентов с первичным гипотиреозом. *Кардиология.* 2018;58(75):19–23. Nikolaeva A.V., Pimenov L.T., Melnikov A.V., Dudarev M.V. Parameters of global longitudinal myocardial deformation and coronary bloodflow in patients with primary hypothyroidism. *Kardiologiia.* 2018;58(75):19–23. (in Russian). DOI: 10.18087/cardio.2415
12. Gao L., Lin Y., Ji M., Wu W. et al. Clinical utility of three-dimensional speckle-tracking echocardiography in heart failure. *J. Clin. Med.* 2022;11(21):6307. DOI: 10.3390/jcm11216307
13. Обрезан А.Г., Баранов Д.З. Деформация миокарда у больных хронической сердечной недостаточностью. *Кардиология.* 2019;59(8):88–96. Obrezan A.G., Baranov D.Z. Myocardial strain properties in patients with chronic heart failure. *Kardiologiia.* 2019;59(8):88–96. (in Russian). DOI: 10.18087/cardio.2019.8.2579
14. Ghoreyshi-Hefzabad S.M., Jeyaprakash P., Gupta A., Vo H.Q. et al. Three-dimensional global left ventricular myocardial strain reduced in all directions in subclinical diabetic cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *J. Am. Heart Assoc.* 2021;10(19):e020811. DOI: 10.1161/JAHA.121.020811
15. Wang Q., Tan K., Xia H., Gao Y. Left ventricular structural alterations are accompanied by subclinical systolic dysfunction in type 2 diabetes mellitus patients with concomitant hyperlipidemia: an analysis based on 3D speckle tracking echocardiography. *Echocardiography.* 2018;35(7):965–74. DOI: 10.1111/echo.13858