

Влияние параметров измерения артериального давления на результаты расчетов показателей миокардиальной работы левого желудочка

Матвеева М. Г.¹, Алехин М. Н.^{1,2}, Гогин Г. Е.^{1,2}, Радова Н. Ф.¹, Блажиевская А. А.¹, Леонтьева Е. А.¹, Порошина Т. А.¹, Завалишина Т. В.¹

Цель. Оценить влияние момента измерения артериального давления (АД) и положения тела пациента при этом на значения АД и показатели миокардиальной работы сердца при проведении эхокардиографии (ЭхоКГ).

Материал и методы. В проспективное исследование включено 100 пациентов в возрасте от 21 года до 84 лет. АД измерялось на правой руке с помощью механического тонометра 4 раза в зависимости от времени и положения тела пациента: перед ЭхоКГ в положении пациента на спине (АД1); перед ЭхоКГ в положении пациента на левом боку (АД2); во время ЭхоКГ в момент выведения апикальных позиций (АД3); после завершения ЭхоКГ, когда пациент снова лежал на спине (АД4). Для расчета миокардиальной работы использовали методику построения кривых "давление-деформация" с каждым из полученных измерений АД.

Результаты. Наиболее высокое систолическое АД (САД) было при исходном измерении (АД1) и составляло 120 ± 12 мм рт.ст. Между АД1 и АД2 измерениями САД значительно снизилось ($p < 0,001$). Снижение САД между АД2 и АД3 составило 3% ($p = 0,598$). При измерении АД3 САД снизилось на 10,3% от исходного и было самое низкое 109 ± 12 мм рт.ст. Между измерениями АД3 и АД4 значения САД значительно возросли ($p < 0,005$). Показатели САД при АД4 были значительно ниже по сравнению с АД1 ($p < 0,001$). Соответственно индекс миокардиальной работы составил 1716 ± 301 мм рт.ст.% при АД1, снизился до 1597 ± 277 мм рт.ст.% и 1551 ± 260 мм рт.ст.% при АД2 и АД3, соответственно, и увеличился до 1623 ± 254 мм рт.ст.% при АД4 ($p_{АД1-АД2} < 0,005$; $p_{АД2-АД3} = 0,226$; $p_{АД3-АД4} < 0,05$; $p_{АД1-АД4} < 0,05$).

Заключение. Для получения достоверных и сопоставимых показателей при расчете миокардиальной работы необходим стандартизированный подход к измерению АД. Стандартизированное измерение АД подразумевает выполнение его в определенный момент времени и при определенном положении тела пациента. Оптимальные время и положение пациента при измерении АД для расчета миокардиальной работы — в конце ЭхоКГ исследования, после поворота пациента на спину.

Ключевые слова: артериальное давление, глобальная продольная систолическая деформация левого желудочка, миокардиальная работа, эхокардиография.

Отношения и деятельность: нет.

¹ФГБУ Центральная клиническая больница с поликлиникой Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия; ²ФГБУ ДПО Центральная

государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия.

Матвеева М. Г.* — к.м.н., врач функциональной диагностики, ORCID: 0000-0001-6056-835X, Алехин М. Н. — д.м.н., зав. отделением функциональной диагностики; профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии, ORCID: 0000-0002-9725-7528, Гогин Г. Е. — к.м.н., врач функциональной диагностики; доцент кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии, ORCID: 0000-0003-4587-4185, Радова Н. Ф. — к.м.н., врач функциональной диагностики, ORCID: 0009-0006-9508-0446, Блажиевская А. А. — врач функциональной диагностики, ORCID: 0009-0009-9156-8075, Леонтьева Е. А. — врач функциональной диагностики, ORCID: 0009-0002-2290-8629, Порошина Т. А. — врач функциональной диагностики, ORCID: 0009-0004-1901-5728, Завалишина Т. В. — врач функциональной диагностики, ORCID: 0009-0001-1756-9821.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
mgmatveeva@yandex.ru

АД — артериальное давление, ГПСД — глобальная продольная систолическая деформация, ЛЖ — левый желудочек, САД — систолическое артериальное давление, ФВ — фракция выброса, ЭхоКГ — эхокардиография.

Рукопись получена 03.09.2025

Рецензия получена 28.10.2025

Принята к публикации 10.12.2025



Для цитирования: Матвеева М. Г., Алехин М. Н., Гогин Г. Е., Радова Н. Ф., Блажиевская А. А., Леонтьева Е. А., Порошина Т. А., Завалишина Т. В. Влияние параметров измерения артериального давления на результаты расчетов показателей миокардиальной работы левого желудочка. *Российский кардиологический журнал*. 2026;31(5):6570. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6570. EDN: TQXFCP

Impact of blood pressure measurement parameters on left ventricular myocardial work data

Matveyeva M. G.¹, Alekhin M. N.^{1,2}, Gogin G. E.^{1,2}, Radova N. F.¹, Blazhievskaya A. A.¹, Leontyeva E. A.¹, Poroshina T. A.¹, Zavalishina T. V.¹

Aim. To evaluate the impact of the blood pressure (BP) measurement timing and the patient's positioning on BP values and myocardial performance data according to echocardiography.

Material and methods. This prospective study included 100 patients aged 21 to 84 years. BP was measured on the right arm using a mechanical BP monitor four times depending on the time and patient positioning as follows: before echocardiography in the supine position (BP1); before echocardiography in the left lateral position (BP2); during echocardiography when apical view were established (BP3); after echocardiography, when the patient was again lying supine (BP4). To calculate myocardial work, the pressure-strain curve method was used for each of the obtained BP measurements.

Results. The highest systolic blood pressure (SBP) was observed during the baseline measurement (BP1) and amounted to 120 ± 12 mm Hg. Between BP1 and BP2 measurements, SBP significantly decreased ($p < 0,001$). The de-

crease in SBP between BP2 and BP3 was 3% ($p = 0,598$). During BP3 measurement, SBP decreased by 10,3% from the baseline (lowest, 109 ± 12 mm Hg). Between BP3 and BP4 measurements, SBP values increased significantly ($p < 0,005$). The SBP values at BP4 were significantly lower compared to BP1 ($p < 0,001$). Accordingly, the myocardial work index was 1716 ± 301 mm Hg% at BP1, decreased to 1597 ± 277 mm Hg% and 1551 ± 260 mm Hg% at BP2 and BP3, respectively, and increased to 1623 ± 254 mm Hg% at BP4 ($p_{BP1-BP2} < 0,005$; $p_{BP2-BP3} = 0,226$; $p_{BP3-BP4} < 0,05$; $p_{BP1-BP4} < 0,05$).

Conclusion. To obtain reliable and comparable values when calculating myocardial work, a standardized approach to blood pressure measurement is necessary. Standardized blood pressure measurement implies its performance at a specific point in time and in a specific body position of the patient. The optimal time and position for measuring blood pressure to calculate myocardial work are at the end of the echocardiography, after turning the patient supine.

Keywords: blood pressure, left ventricular global longitudinal systolic strain, myocardial work, echocardiography.

Relationships and Activities: none.

¹Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center of the Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia; ²Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia.

Matveyeva M. G.* ORCID: 0000-0001-6056-835X, Alekhin M. N. ORCID: 0000-0002-9725-7528, Gogin G. E. ORCID: 0000-0003-4587-4185, Radova N. F. ORCID: 0009-0006-9508-0446, Blazhievskaya A. A. ORCID: 0009-0009-9156-8075, Leontyeva E. A.

ORCID: 0009-0002-2290-8629, Poroshina T. A. ORCID: 0009-0004-1901-5728, Zavalishina T. V. ORCID: 0009-0001-1756-9821.

*Corresponding author:
mgmatveeva@yandex.ru

Received: 03.09.2025 **Revision Received:** 28.10.2025 **Accepted:** 10.12.2025

For citation: Matveyeva M. G., Alekhin M. N., Gogin G. E., Radova N. F., Blazhievskaya A. A., Leontyeva E. A., Poroshina T. A., Zavalishina T. V. Impact of blood pressure measurement parameters on left ventricular myocardial work data. *Russian Journal of Cardiology*. 2026;31(5):6570. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6570. EDN: TQXFCP

Ключевые моменты

- В расчете миокардиальной работы используется значение постнагрузки, оцениваемое по уровню систолического артериального давления (АД).
- На получаемые значения АД, измеренные с помощью метода Короткова, значительное влияние оказывают ситуативные психоэмоциональные факторы и положение тела пациента.
- На достоверность получаемых показателей миокардиальной работы существенное влияние оказывает своевременное и выполненное в правильном положении измерение АД.

Key messages

- Myocardial work estimations include afterload, assessed from systolic blood pressure (BP).
- Situational stress factors and the patient's body position significantly influence the obtained BP values measured by the Korotkov method.
- Timely and correctly positioned blood pressure measurements significantly impact the reliability of the obtained myocardial work parameters.

Диагностика и прогнозирование большинства сердечно-сосудистых заболеваний в значительной степени формируются на основе оценки сократительной функции левого желудочка (ЛЖ). Наиболее распространенным инструментом для оценки функции ЛЖ является фракция выброса (ФВ) ЛЖ, которая фигурирует во всех руководствах и рекомендациях [1, 2]. Тем не менее, несмотря на широкое использование ФВ ЛЖ, она не способна выявить незначительные доклинические отклонения в сократительной функции сердца. Используемая в последнее время глобальная продольная систолическая деформация (ГПСД) ЛЖ, определяемая с помощью технологии спекл-трекинг эхокардиографии (ЭхоКГ), зарекомендовала себя более объективным и чувствительным показателем в выявлении ранних доклинических нарушений сократительной функции ЛЖ, особенно когда ФВ ЛЖ сохранна [3]. И всё-таки оба эти показателя — и ФВ ЛЖ, и ГПСД ЛЖ — не всегда отражают полную картину заболевания, поскольку зависят от изменения постнагрузки. Так, увеличение постнагрузки может снижать значение ГПСД ЛЖ и приводить к ложным результатам в оценке сократительной функции ЛЖ [4].

Учитывая ограничения, связанные с оценкой ФВ ЛЖ и ГПСД ЛЖ, в 2012г была предложена ЭхоКГ-методика оценки функции ЛЖ с учетом постнагрузки — определение миокардиальной работы [5].

Миокардиальная работа позволяет более детально оценить сегментарную и глобальную функции миокарда. При этом подходе учитываются значения как ГПСД ЛЖ, так и давления в ЛЖ, полученного неинвазивно путем измерения артериального давления (АД) на плечевой артерии с использованием эмпирической эталонной кривой [5, 6].

Известно, что на значения АД оказывают влияние факторы, связанные с используемым оборудованием (автоматический или механический тонометр), методикой измерения (положение пациента, интервалы между измерениями), и ситуативно-обусловленным психоэмоциональным состоянием пациента. Для того, чтобы результаты исследования были физиологически обоснованными, группа исследователей во главе с К. Russell рекомендовали измерять АД во время получения изображений для оценки ГПСД ЛЖ [5]. Однако даже в ряде статей, представляющих методологию оценки миокардиальной работы, точный момент измерения АД не фиксируется, а описывается приблизительно — например, "во время исследования" [7], или упоминается просто как констатация факта: "у пациента измеряют АД с помощью простой манжеты на плече" [4]. В статьях же, изучавших клиническую значимость миокардиальной работы, момент измерения АД в большинстве изученных случаев четко не указывается, и оно проводится либо при физикальном врачебном обследовании пациента до нагрузочной пробы [8], либо непосредственно перед началом ЭхоКГ исследования [9, 10], либо уже после проведения ЭхоКГ [11].

Таблица 1

Клиническая характеристика включенных в исследование пациентов, $M \pm SD$ (min; max)

Показатели	Значения, n=100
Возраст, лет	55,5 $\pm$ 11,6 (21; 84)
Пол:	
— мужской, n (%)	72 (72%)
— женский, n (%)	28 (28%)
ИМТ, кг/м ²	27,7 $\pm$ 3,4
ФВ ЛЖ, %	58 $\pm$ 4 (38; 67)
Конечно-диастолический объем ЛЖ, мл	103,6 $\pm$ 23,7 (55; 153)
Конечно-систолический объем ЛЖ, мл	43,8 $\pm$ 12,4 (23; 83)
ГПСД ЛЖ, %	18,8 $\pm$ 2,3
ИБС, n (%)	29 (29%)
ГБ	
— 1 стадия, n (%)	15 (15%)
— 2 стадия, n (%)	43 (43%)
— 3 стадия, n (%)	22 (22%)
СН, NYHA	
— I класс, n (%)	2 (2%)
— II класс, n (%)	9 (9%)
СД 2 типа, n (%)	15 (15%)
ХОБЛ, n (%)	4 (4%)
Гиперхолестеринемия, n (%)	72 (72%)
НРС (в т.ч. фибрилляция предсердий), n (%)	1 (1%)

Сокращения: ГБ — гипертоническая болезнь, ГПСД ЛЖ — глобальная продольная систолическая деформация левого желудочка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМТ — индекс массы тела, ЛЖ — левый желудочек, НРС — нарушения ритма сердца, СД — сахарный диабет, СН — сердечная недостаточность, ФВ — фракция выброса, ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких.

Fisicaro S, et al. проиллюстрировали, что время и положение пациента для измерения систолического АД (САД) при проведении ЭхоКГ исследования существенно влияют как на значения измеренного АД, так и на расчеты показателей миокардиальной работы [12].

Цель исследования — оценить влияние момента измерения АД и положения тела пациента при этом на значения АД и показатели миокардиальной работы сердца при проведении ЭхоКГ.

Материал и методы

В проспективное исследование было включено 100 пациентов в возрасте от 21 года до 84 лет, проходивших стресс-ЭхоКГ исследование с установленным (n=29, 29%) или предполагаемым диагнозом ИБС (n=71, 71%). Протокол исследования одобрен этическим комитетом при ФГБУ "ЦКБ с поликлиникой" УД Президента РФ (Протокол 5-07 от 31 июля 2025г). До включения в исследование все пациенты подписали информированное согласие. Клиническая характеристика включенных в исследование пациентов представлена в таблице 1.

Критериями включения в исследование были: 1) хорошая визуализация сердца; 2) наличие синусового ритма на момент исследования.

Критериями исключения из исследования были: 1) нарушения ритма и проводимости; 2) стеноз аорты, 3) гипертрофическая кардиомиопатия с обструкцией

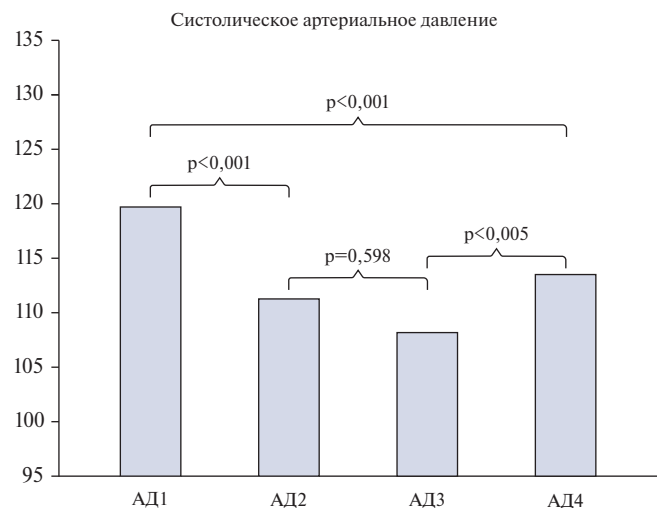


Рис. 1. Значения САД в зависимости от времени исследования и положения тела пациента.

Примечание: артериальное давление, измеренное перед ЭхоКГ исследованием в положении пациента на спине (АД1); перед ЭхоКГ исследованием в положении пациента на левом боку (АД2); во время ЭхоКГ исследования в момент выведения апикальных позиций для расчета ГПСД ЛЖ (АД3); после завершения ЭхоКГ исследования, когда пациент снова лежал на спине (АД4).

выносящего тракта ЛЖ; 4) низкое качество двухмерного эхокардиографического изображения.

Лечащим врачом не позднее чем за 48 ч до исследования отменялись бета-блокаторы. Остальная тера-

Таблица 2

САД и показатели миокардиальной работы в зависимости от времени измерения АД и положения тела пациента при проведении ЭхоКГ исследования, $M \pm SD$ (min; max)

Показатели	АД1	АД2	АД3	АД4	p
САД, мм рт.ст.	120±12 (100; 160)	112±12 (90; 150)	109±12 (90; 140)	114±11 (90; 140)	$p_{АД1-АД2} < 0,001$ $p_{АД1-АД3} < 0,001$ $p_{АД1-АД4} < 0,001$ $p_{АД2-АД3} = 0,056$ $p_{АД2-АД4} = 0,230$ $p_{АД3-АД4} < 0,005$
ДАД, мм рт.ст.	73±7 (60; 90)	67±7 (55; 80)	65±7 (55; 80)	70±7 (60; 80)	$p_{АД1-АД2} < 0,001$ $p_{АД1-АД3} < 0,001$ $p_{АД1-АД4} < 0,005$ $p_{АД2-АД3} < 0,05$ $p_{АД2-АД4} < 0,001$ $p_{АД3-АД4} < 0,001$
ГWI, мм рт.ст. %	1716±301 (1026; 2692)	1597±277 (979; 2523)	1551±260 (933; 2355)	1623±254 (1026; 2355)	$p_{АД1-АД2} < 0,005$ $p_{АД1-АД3} < 0,001$ $p_{АД1-АД4} < 0,05$ $p_{АД2-АД3} = 0,226$ $p_{АД2-АД4} = 0,497$ $p_{АД3-АД4} < 0,05$
GCW, мм рт.ст. %	2107±340 (1326; 3319)	1962±315 (1266; 2921)	1905±294 (1205; 2726)	1993±286 (1326; 2963)	$p_{АД1-АД2} < 0,005$ $p_{АД1-АД3} < 0,001$ $p_{АД1-АД4} < 0,05$ $p_{АД2-АД3} = 0,188$ $p_{АД2-АД4} = 0,455$ $p_{АД3-АД4} < 0,05$
ГWW, мм рт.ст. %	138±89 (25; 364)	129±85 (23; 312)	126±83 (21; 299)	131±86 (24; 325)	$p_{АД1-АД2} = 0,475$ $p_{АД1-АД3} = 0,325$ $p_{АД1-АД4} = 0,588$ $p_{АД2-АД3} = 0,787$ $p_{АД2-АД4} = 0,863$ $p_{АД3-АД4} = 0,659$
ГWE, мм рт.ст. %	92±6 (42; 98)	93±4 (75; 98)	93±4 (75; 98)	93±4 (75; 98)	$p_{АД1-АД2} = 0,475$ $p_{АД1-АД3} = 0,541$ $p_{АД1-АД4} = 0,451$ $p_{АД2-АД3} = 0,895$ $p_{АД2-АД4} = 0,954$ $p_{АД3-АД4} = 0,954$

Примечание: артериальное давление, измеренное перед ЭхоКГ исследованием в положении пациента на спине (АД1); перед ЭхоКГ исследованием в положении пациента на левом боку (АД2); во время ЭхоКГ исследованием в момент выведения апикальных позиций для расчета ГПСД ЛЖ (АД3); после завершения ЭхоКГ исследования, когда пациент снова лежал на спине (АД4).

Сокращения: ДАД — диастолическое артериальное давление, САД — систолическое артериальное давление, GCW — глобальная конструктивная работа, GWE — эффективная глобальная работа, GWI — индекс глобальной миокардиальной работы, GWW — глобальная потерянная работа.

пия, включая лекарственные препараты с гипотензивным действием, не корректировалась.

Трансторакальное ЭхоКГ исследование выполнялось на ультразвуковой системе GE Vivid E95 с мультисекторным фазированным датчиком M5S с частотой 2,0-5,0 МГц с одновременной записью электрокардиограммы. Измерения, оценка систолической функции ЛЖ проводились в соответствии со стандартным ЭхоКГ протоколом, рекомендованным Американским обществом по эхокардиографии и Европейской ассоциацией по сердечно-сосудистой визуализации [13, 14].

Для оценки деформации миокарда ЛЖ были использованы позиции по длинной оси ЛЖ, на 4 и 2 камеры. Частота кадров составляла не менее 40 в секунду. Дальнейший расчет показателя ГПСД ЛЖ

проводился на рабочей станции EchoPAC GE Version 204 с использованием программного обеспечения AutoStrain.

АД измерялось на правой руке сфигмоманометром на плечевой артерии.

Фиксировалось четыре измерения АД (рис. 1):

1 измерение (АД1) — перед ЭхоКГ исследованием в положении пациента на спине;

2 измерение (АД2) — перед ЭхоКГ исследованием в положении пациента на левом боку;

3 измерение (АД3) — во время ЭхоКГ исследования в момент выведения апикальных позиций для расчета ГПСД ЛЖ;

4 измерение (АД4) — после завершения ЭхоКГ исследования, когда пациент снова лежал на спине.

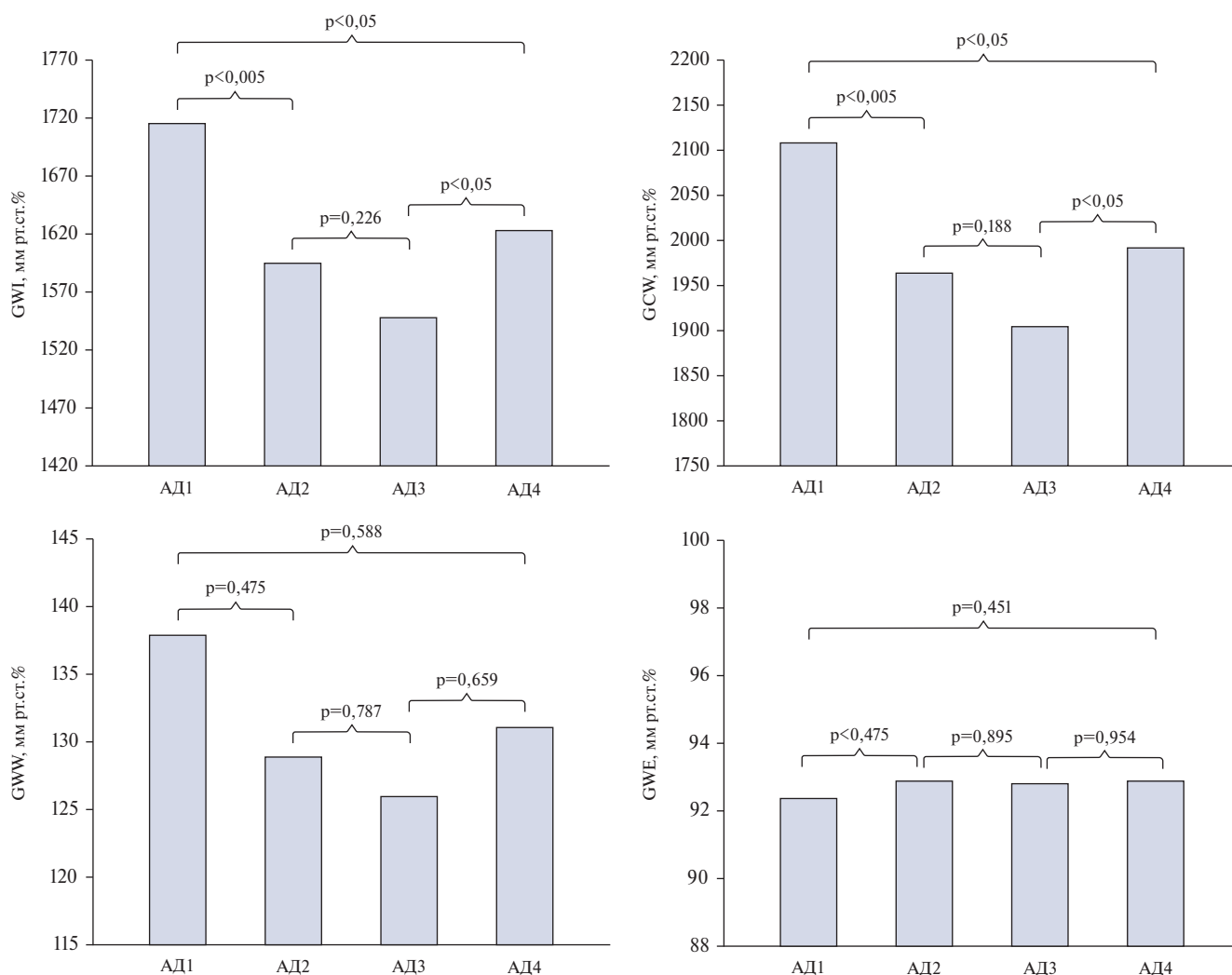


Рис. 2. Значения основных показателей миокардиальной работы в зависимости от времени измерения АД и положение тела пациента при проведении ЭхоКГ исследования.

Сокращения: GCW — глобальная конструктивная работа, GWE — эффективная глобальная работа, GWI — индекс глобальной миокардиальной работы, GWW — глобальная потерянная работа.

Все измерения АД проводились до начала выполнения протокола нагрузочного теста стресс-ЭхоКГ исследования. Измерения выполнялись одной и той же медицинской сестрой, не информированной о цели выполняемого исследования и его возможных результатах.

Для расчета показателей миокардиальной работы оценивали ГПСД ЛЖ, определяли моменты открытия и закрытия митрального и аортального клапанов с помощью импульсволновой доплерографии. Далее с помощью методики построения кривых "давление-деформация", входящей в программный пакет EchoPAC (GEHealthcare, США), для каждого значения измеренного АД рассчитывали показатели миокардиальной работы ЛЖ: индекс глобальной работы (GWI, мм рт.ст.%), глобальную конструктивную работу (GCW, мм рт.ст.%), глобальную потерянную работу (GWW, мм рт.ст.%) и эффективность глобальной

работы (GWE, %). Показатели были рассчитаны как среднее значение соответствующих сегментов с использованием 18-сегментной модели ЛЖ.

Статистический анализ. Для статистической обработки материалов исследования использовались методы параметрического анализа. Накопление, систематизация исходной информации и статистический анализ осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному Гауссовскому распределению. Для представления количественных показателей использовали среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD), максимальное и минимальное значение. Категориальные переменные представлены как числа и проценты. Для сравнения значений АД и показателей работы миокарда, полученных 4 раза в ходе ЭхоКГ исследования, мы

использовали дисперсионный анализ с критерием Бонферрони. Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

Результаты

САД и показатели миокардиальной работы в зависимости от времени измерения АД и положения тела пациента при проведении ЭхоКГ исследования представлены в таблице 2. АД — как САД, так и диастолическое — было наиболее высоким при первом исходном измерении (АД1) по сравнению с остальными измерениями. Далее при изменении положения тела пациента (поворот на левый бок) АД значительно снизилось на 7,1% между измерениями АД1 и АД2. Между вторым и третьим измерениями, которые проводились в положении пациента на левом боку, снижение АД составило 3% и значимых различий для САД не выявлено.

При измерении АД3, т.е. во время ЭхоКГ исследования в момент выведения апикальных позиций для расчета ГПСД ЛЖ, АД снизилось на 10,3% от исходного и было самым низким.

Значения САД и диастолического АД значительно возросли при возвращении пациента в исходное положение (АД4 измерение — лежа на спине) по сравнению с АД3. САД при АД4 увеличилось на 4% по сравнению с АД3 измерением. Однако эти показатели были значительно ниже по сравнению с первоначальным измерением АД1, когда пациент находился в таком же положении. Снижение САД при АД4 измерении по сравнению с исходным составило 5,3% (6 мм рт.ст.).

На рисунке 2 представлены графики значений основных показателей миокардиальной работы в зависимости от времени измерения АД и положения тела пациента. Как и ожидалось, значения индекса миокардиальной работы (GWI), глобальная конструктивная работа (GCW) и глобальная потерянная работа (GWW) соответствовали изменениям давления и имели статистически значимые различия (табл. 2, рис. 1). Значимых различий в показателях эффективной миокардиальной работы при всех измерениях АД получено не было.

Обсуждение

В основе расчета показателей миокардиальной работы лежат несколько допущений. Одно из них касается САД. Предполагается, что САД, измеренное тонометром в плечевой артерии, равно систолическому давлению в ЛЖ. Поэтому клинические ситуации, при которых периферическое давление отличается от центрального или существенно варьируется между различными участками артериального русла, могут неправильно интерпретировать полученные результаты миокардиальной работы [6].

АД является динамическим показателем не только при физической нагрузке, но и в состоянии по-

кой. Результаты исследования Kadwalwala M, et al. показали, что значения САД и диастолического АД могут снижаться за время трансторакального ЭхоКГ, и цифры давления, зарегистрированные непосредственно перед ним, не точно отражают постнагрузку [14]. Поэтому для достоверной и надежной оценки миокардиальной работы измерение АД должно быть своевременным и точным. Значение АД вносится в программу, чтобы непосредственно отражать постнагрузку, с которой сталкивается миокард во время деформации. Однако анализ данных литературы показывает, что время и положение пациента при измерении АД для расчета показателей миокардиальной работы во многих исследованиях, в т.ч. и в технической документации, описывается нечетко [4, 5, 7-11].

Результаты нашего исследования показали, что время (до начала, во время, или сразу после ЭхоКГ исследования) и положение пациента на кушетке (на спине с горизонтально расположенной правой рукой на уровне сердца или на левом боку, когда правая рука расположена вдоль туловища) в значительной мере влияют на значения АД и, в конечном счете, на расчет показателей миокардиальной работы. Полученные нами данные в целом совпадают с результатами исследования Fisicaro S. et al. [12].

На значения АД могут оказывать влияние ряд факторов. Однако наиболее важными являются следующие два фактора.

Во-первых, ситуативно-эмоциональное состояние пациента. Непривычная обстановка (больница, поликлиника), синдром "белого халата", а также волнения, связанные с прохождением диагностического исследования и получением их результатов, могут способствовать активации симпатической нервной системы и, как следствие, повышению АД и частоты сердечных сокращений. Способность пациента адаптироваться к сложившейся ситуации, его позитивный эмоциональный настрой и благоприятный контакт с врачом могут влиять на показатели АД. Подобная тенденция в снижении АД по сравнению с исходными значениями прослеживалась в исследованиях Fisicaro S, et al. и Kadwalwala M, et al. [12, 14]. В нашей работе получены схожие результаты. Среднее значение САД за период между началом (АД1) и окончанием (АД4) ЭхоКГ исследования снизилось на 6 мм рт.ст. (5,3%).

Во-вторых, положение правой руки, на которой фиксируется тонометр, относительно сердца. В соответствии с национальными рекомендациями при измерении АД манжета тонометра должна располагаться на уровне сердца [15]. Это связано с тем, что расположение манжеты выше или ниже сердца приводит к изменению гидростатического давления и, как следствие, к повышению или понижению показателей АД [12]. Так, в нашей работе при повороте пациента на левый бок правая рука располагалась выше сердца (измерения АД2 и АД3) и это, вероятно,

привело к снижению АД по сравнению с исходным (АД1). Дополнительно влияние положения тела пациента на значения АД подтверждалось повышением АД на 4% (на 5 мм рт.ст.), между измерениями АД в момент выведения апиальных позиций для расчета ГПСД ЛЖ (АД3) и измерением в конце ЭхоКГ исследования (АД4). То есть в момент, когда влияние гидростатического давления минимальное.

Результаты нашего исследования показывают, что значения АД и, следовательно, показателей миокардиальной работы существенно отличались в зависимости от момента измерения АД и положения тела пациента. Проведенный статистический анализ результатов нашей работы позволяет согласиться с выводами Fisicaro S, et al., что наиболее физиологически обоснованными являются измерения АД для расчета показателей миокардиальной работы, сделанные в конце исследования при положении пациента на спине, когда правая рука расположена горизонтально на уровне сердца [12]. Именно в этот момент влияние эмоционального фактора сводится к минимуму и положение пациента таково, что рука располагается на уровне сердца. Использование значений САД, полученных в начале исследования (АД1), для построения кривых давления-деформации будет приводить к завышению постнагрузки на момент расчета миокардиальной работы. Если же использовать показатели САД, полученные при выведении апиальных позиций (АД3), то исследователь столкнется с заниженными показателями миокардиальной работы из-за положения руки. Другое существенное обстоятельство заключается в том, что для получения измерений АД в момент выполнения ЭхоКГ исследования потребуется участие еще одного медработника, а измерение АД в положении лежа на спине после окончания ЭхоКГ исследования может быть проведено врачом, выполнявшим ЭхоКГ исследование.

Таким образом, результаты нашего исследования еще раз подчеркивают важность точного определения времени и положения тела пациента для измерения АД, чтобы неинвазивные расчеты показателей миокардиальной работы были физиологически обоснованными и патофизиологически значимыми [12]. Именно это значение АД должно исполь-

зоваться при расчетах и вводиться в специальное программное обеспечение для построения кривых давления-деформации. И тогда при корректно полученных данных миокардиальной работы можно будет судить о сопоставимости результатов различных исследований. Следовательно, возникает необходимость в проведении дальнейших исследований с целью возможного пересмотра алгоритма анализа миокардиальной работы.

Невозможность измерения внутрисердечного давления для расчетов миокардиальной работы можно в какой-то степени отнести к ограничениям исследования. В то же время существуют экспериментальные исследования, показывающие высокую степень корреляции между площадями петель "давление-деформация" при использовании инвазивно измеренного и расчетного (по уровню периферического АД) давления в ЛЖ [5]. Кроме того, целью нашего исследования является не сравнение эталонного внутрисердечного давления и значений САД, полученных неинвазивным методом, а оценка влияния момента измерения АД и положения тела пациента на расчеты параметров миокардиальной работы. Более существенное, на наш взгляд, ограничение исследования связано с тем, что данная методика расчета миокардиальной работы представлена на сегодняшний день только у одного поставщика медицинской аппаратуры, что в значительной степени сужает диапазон ее клинического применения.

Заключение

1. Для получения достоверных и сопоставимых показателей при расчете миокардиальной работы необходим стандартизированный подход к измерению АД.
2. Стандартизированное измерение АД подразумевает выполнение его в определенный момент времени и при определенном положении тела пациента.
3. Оптимальные время и положение пациента при измерении АД для расчета миокардиальной работы — в конце ЭхоКГ исследования, после поворота пациента на спину.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Galyavich AS, Tereshchenko SN, Uskach TM, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. Russian Journal of Cardiology. 2024;29(11):6162. (in Russ.) Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2024;29(11):6162. doi:10.15829/1560-4071-2024-6162.
2. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. Eur Heart J. 2022;43(7):561-632. doi:10.1093/eurheartj/ehab395.
3. Ilardi F, D'Andrea A, D'Ascenzi F, et al. Myocardial Work by Echocardiography: Principles and Applications in Clinical Practice. J Clin Med. 2021;10(19):4521. doi:10.3390/jcm10194521.
4. Papadopoulos K, Özden TÖ, Mitrousi K, et al. Myocardial Work: Methodology and Clinical Applications. Diagnostics (Basel). 2021;11(3):573. doi:10.3390/diagnostics11030573.
5. Russell K, Eriksen M, Aaberge L, et al. A novel clinical method for quantification of regional left ventricular pressure-strain loop area: a non-invasive index of myocardial work. Eur Heart J. 2012;33(6):724-33. doi:10.1093/eurheartj/ehs016.
6. Ivanov SI, Leschinskaya SP, Alekhin MN. The estimation of left ventricular myocardial work indicators during cardiac ultrasound imaging: methodology, capabilities, advantages and limitations. Ultrasound & Functional Diagnostics. 2023;(4):22-34. (In Russ.) Иванов С.И., Лещинская С.П., Алехин М.Н. Расчет показателей миокардиальной работы левого желудочка при ультразвуковом исследовании сердца: методика, воз-

- возможности, ограничения. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2023;(4):22-34. doi:10.24835/1607-0771-2023-4-22-34.
7. Smiseth OA, Donal E, Penicka M, et al. How to measure left ventricular myocardial work by pressure-strain loops. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(3):259-61. doi:10.1093/ehjci/jeaa301.
 8. Pastore MC, Vannuccini F, Mandoli GE, et al. Myocardial work and left heart deformation parameters across primary mitral regurgitation severity. *Int J Cardiol*. 2024;399:131772. doi:10.1016/j.ijcard.2024.131772.
 9. Jin W, Wang L, Zhu T, et al. Usefulness of echocardiographic myocardial work in evaluating the microvascular perfusion in STEMI patients after revascularization. *BMC Cardiovasc Disord*. 2022;22(1):218. doi:10.1186/s12872-022-02648-z.
 10. Galli E, Hubert P, Leurent G, et al. Acute and Chronic Changes in Myocardial Work Parameters in Patients with Severe Primary Mitral Regurgitation Undergoing Transcatheter Edge-to-Edge Repair. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023;10(3):100. doi:10.3390/jcdd10030100.
 11. Wu HW, Fortuni F, Butcher SC, et al. Prognostic value of left ventricular myocardial work indices in patients with severe aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023;24(12):1682-9. doi:10.1093/ehjci/jead157.
 12. Fisicaro S, Clement A, Tomaselli M, et al. Timing and Patient Position During Cuff Blood Pressure Measurement Affect Myocardial Work Parameters Measured by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024;37(7):690-7. doi:10.1016/j.echo.2024.03.018.
 13. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.e14. doi:10.1016/j.echo.2014.10.003.
 14. Kadwalala M, Downey B, Patel A, et al. Blood pressure changes during routine transthoracic echocardiography. *Int J Cardiol Cardiovasc Risk Prev*. 2023;16:200170. doi:10.1016/j.ijcrp.2023.200170.
 15. Kobalava ZhD, Konradi AO, Nedogoda SV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(9):6117. (In Russ.) Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(9):6117. doi:10.15829/1560-4071-2024-6117.

Адреса организаций авторов: ФГБУ "Центральная клиническая больница с поликлиникой" Управления делами Президента Российской Федерации, ул. Маршала Тимошенко, д. 15, Москва, Россия; ФГБУ ДПО "Центральная государственная медицинская академия" УД Президента РФ, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, Москва, Россия.

Addresses of the authors' institutions: Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Marshal Timoshenko str., 15, Moscow, Russia; Central State Medical Academy, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Marshal Timoshenko str., 19, bld. 1A, Moscow, Russia.