

Клиническое применение неинвазивных показателей работы миокарда левого желудочка

С. И. Иванов¹, М. Н. Алёхин^{1,2}

¹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия; кафедра терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии

² ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия; отделение функциональной диагностики

РЕЗЮМЕ

Данная статья представляет собой описание трех клинических случаев применения новой эхокардиографической методики — оценки показателей работы миокарда левого желудочка (ЛЖ) с помощью построения кривых давление-деформация у пациентов с артериальной гипертензией, гипертрофической и дилатационной кардиомиопатиями. Наглядно продемонстрированы типичные для каждой патологии характерные варианты распределения значений показателей глобальной и регионарной работы миокарда ЛЖ, а также кратко приведены результаты актуальных научных исследований по каждому заболеванию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: работа миокарда, кривая давление-деформация, артериальная гипертензия, гипертрофическая кардиомиопатия, дилатационная кардиомиопатия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Clinical application of noninvasive left ventricular myocardial work indices

S. I. Ivanov¹, M. N. Alekhin^{1,2}

¹ Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia; Department of Therapy, Cardiology and Functional Diagnostics with Nephrology Course

² Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia; Department of Functional Diagnostics

SUMMARY

This article is the description of three clinical cases of the application of a new echocardiographic technique — the estimation of the left ventricular (LV) myocardial work parameters by constructing pressure-strain loops in patients with arterial hypertension, hypertrophic and dilated cardiomyopathies. The specific variations of global and regional LV myocardial work indices distribution, typical for each pathology, are clearly demonstrated, the results of current scientific studies on each disease are also briefly presented.

KEYWORDS: myocardial work, pressure-strain loop, arterial hypertension, hypertrophic cardiomyopathy, dilated cardiomyopathy.

CONFLICT OF INTERESTS. The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Расчет показателей работы миокарда левого желудочка (ЛЖ) с помощью построения кривых давление-деформация — это новый неинвазивный способ количественной оценки сократительной функции сердца, который был предложен в 2012 г. группой исследователей под руководством О. Smiseth [1]. Метод по сути является дополнением к уже известной и используемой в клинической практике, хорошо зарекомендовавшей себя методике — speckle-tracking эхокардиографии (ЭхоКГ). Актуальность и новаторство этого дополнения состоит в независимости от постнагрузки, что является значительным преимуществом перед базовой методикой. Данная особенность достигается путем учета внутрижелудочкового давления с помощью неинвазивного рутинного измерения артериального давления (АД) в плечевой артерии сфигмоманометром.

Потенциальная возможность выявления ранних признаков нарушения функции миокарда открывает широкий простор для изучения нового метода как в диагностике и прогнозировании, так и в оценке достижения эффекта от проводимой терапии для различных сердечно-

сосудистых заболеваний [2]. К настоящему моменту опубликованы исследования, демонстрирующие достоверную пользу от возможного применения оценки показателей работы миокарда ЛЖ при выборе кандидатов на проведение ресинхронизирующей терапии [3, 4], у больных с ишемической болезнью сердца (ИБС) [5, 6], хронической сердечной недостаточностью (ХСН) [7, 8]. В выполненных ранее исследованиях представлена хорошая как внутри-, так и межисследовательская воспроизводимость показателей, что также способствует их активному внедрению в практику [9, 10]. В данной статье мы хотим наглядно представить несколько характерных клинических случаев оценки показателей работы миокарда ЛЖ у пациентов с различными заболеваниями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все пациенты дали информированное согласие на использование данных медицинской документации в научных целях. Все исследования проводились на одном и том же аппарате экспертного класса Vivid E95 (General Electric, США) с помощью секторного фазированного датчика M5S

с частотой 3,5 МГц. У пациентов оценивали глобальную продольную систолическую деформацию (ГПСД) с помощью методики speckle-tracking ЭхоКГ, определяли моменты открытия и закрытия митрального и аортального клапанов с помощью импульсно-волнового доплера или визуально из трехкамерной верхушечной позиции, также во время проведения ЭхоКГ измеряли АД сфигмоманометром в плечевой артерии. С помощью методики построения кривых давление-деформация, входящей в программный пакет EchoPAC (GE Healthcare, США), рассчитывали показатели работы миокарда ЛЖ:

1. Индекс работы миокарда (регионарной — WI, глобальной — GWI) — вся работа, совершаемая ЛЖ за период времени от закрытия до открытия митрального клапана, определяемая как площадь петли давление-деформация (измеряется в мм рт. ст. %).
2. Конструктивная работа миокарда (регионарная — CW, глобальная — GCW) — выполненная миокардом ЛЖ работа, способствующая изгнанию крови во время систолы (мм рт. ст. %). Конструктивная работа отражает укорочение кардиомиоцитов во время систолы и их удлинение в фазу изоволюмического расслабления.

3. Потерянная работа миокарда (регионарная — WW, глобальная — GWW) — выполненная миокардом работа, которая не способствует изгнанию крови из полости ЛЖ (мм рт. ст. %). Отражает удлинение кардиомиоцитов во время систолы и их укорочение в фазу изоволюмического расслабления.
4. Эффективность работы миокарда (регионарной — WE, глобальной — GWE) — отношение конструктивной работы к сумме конструктивной и потерянной работ ($CW/[CW + WW]$) (измеряется в %) [11].

В качестве нормальных значений показателей мы использовали установленные в ранее проведенных исследованиях их средние значения: для индекса глобальной работы миокарда — 1900 ± 300 мм рт. ст. %, глобальной конструктивной работы миокарда — 2200 ± 300 мм рт. ст. %, глобальной потерянной — 90 (60–120) мм рт. ст. %, эффективности глобальной работы миокарда — 96 (94–97)% [9, 10]. Для большей наглядности на рис. 1 мы приводим пример оценки показателей работы миокарда ЛЖ у практически здорового человека.

АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ

В первом случае мы рассмотрим характерные изменения показателей работы миокарда ЛЖ при артериальной гипертензии (АГ). Пациентка Б., 65 лет, длительно страдает гипертонической болезнью с максимальным повышением АД до 200/120 мм рт. ст., принимает постоянную гипотензивную терапию. Данных за наличие ИБС, нарушений ритма и проводимости сердца, сахарного диабета, вторичной АГ при обследовании в стационаре не выявлено, электрокардиограмма (ЭКГ) без особенностей, проба с физической нагрузкой отрицательная. При проведении ЭхоКГ выявлена гипертрофия миокарда ЛЖ (индекс массы миокарда ЛЖ 118 г/м^2), нарушение диастолической функции по 1 типу (нарушение расслабления ЛЖ), нормальные размеры камер сердца, отсутствие патологических изменений клапанов, фракция выброса (ФВ) 60%. На момент оценки показателей работы миокарда ЛЖ АД составило 150/80 мм рт. ст. (рис. 2).

В данном случае у пациентки с гипертрофией ЛЖ при нормальной продольной деформации (ГПСД -20% , рис. 2, Г) отмечается характерное покраснение диаграммы «бычий глаз» индекса регионарной работы миокарда (рис. 2, Б) из-за увеличения значений данного показателя — GWI равняется 2732 мм рт. ст. %. Также повышены другие показатели работы мио-

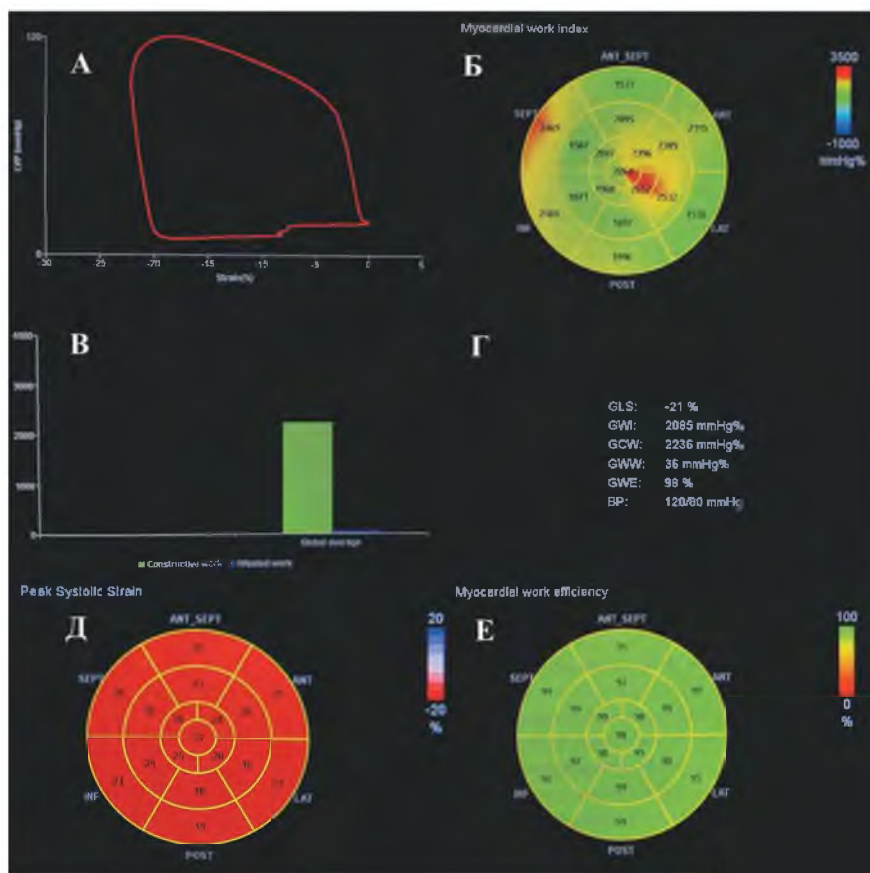


Рисунок 1. Пример оценки показателей работы миокарда ЛЖ у здорового человека.

А — кривая (петля) давление-деформация, Б — диаграмма вида «бычий глаз» со значениями индекса регионарной (сегментарной) работы миокарда для 17 сегментов ЛЖ. Согласно шкале справа зеленым цветом выделены сегменты с условно нормальными значениями, желтым и красным — с повышенными значениями, голубым и синим — со сниженными. В — столбчатая диаграмма соотношения GCW и GWW, Г — отображение на экране значений основных показателей работы миокарда, GLS — глобальная продольная систолическая деформация, GWI — индекс глобальной работы, GCW — глобальная конструктивная работа, GWW — глобальная потерянная работа, GWE — эффективность глобальной работы, BP — артериальное давление. Д и Е — диаграммы «бычий глаз» со значениями регионарной продольной деформации и эффективности регионарной работы миокарда соответственно

карда ЛЖ: GCW до 3016 мм рт. ст.%. GWW до 178 мм рт. ст.% (рис. 2, В). Площадь петли давление-деформация выделенного «красного» верхушечно-го сегмента значительно увеличена (рис. 2, А, обозначена зеленым цветом). При этом эффективность работы миокарда практически не изменена (рис. 2, Д) вследствие пропорционального увеличения конструктивной и потерянной работ.

Представленные значения показателей работы миокарда ЛЖ характерны для данной патологии, что подтверждается в исследовании J. Chan и соавт., где также наблюдались статистически значимое увеличение GWI, GCW и GWW и сохранение GWE у пациентов с АГ 2–3 степени [12]. Рост индекса работы миокарда при нормальных значениях ГПСД и ФВ авторы объяснили компенсаторным механизмом сохранения адекватной сократимости ЛЖ при возросшей постнагрузке.

В исследовании F. Loncaric и соавт. было отмечено что градиент увеличения индекса регионарной работы от основания к верхушке сердца более выражен при АГ и отражает компенсацию верхушечными сегментами менее выраженного прироста работы базальных из-за лежащего в основе ремоделирования миокарда [13]. Эта закономерность особенно четко выявляется при наличии базального утолщения межжелудочковой перегородки (МЖП), при котором снижение индекса регионарной работы базальных передне-перегородочного и нижне-перегородочного сегментов отражает низкую способность утолщенной перегородки адаптироваться к повышенной нагрузке вследствие хронического ремоделирования. Отметим, что в нашем случае у пациентки Б. значимого утолщения базального отдела МЖП не наблюдалось.

ГИПЕРТРОФИЧЕСКАЯ КАРДИОМИОПАТИЯ

Второй случай — оценка показателей работы миокарда ЛЖ у пациента с гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП). Пациент К., 34 лет, поступил в стационар с жалобами на периодические ощущения сердцебиения в положении на левом боку, головокружения, перебои в работе сердца. Из семейного анамнеза известно, что дед по отцовской линии страдал ГКМП и внезапно умер в 50 лет. При проведении ЭхоКГ выявлена (рис. 3, А и Б) гипертрофия преимущественно МЖП и передней стенки ЛЖ с максимальным утолщением базальных и средних сегментов до 27 мм, конечно-диастолический размер (КДР) ЛЖ 46 мм, объем (КДО) 70 мл, ФВ 63%, ГПСД —13,8%, максимальный градиент давления в выносящем тракте левого желудочка, определяемый при доплеровском исследовании в постоянно-волновом режиме, — в состоянии

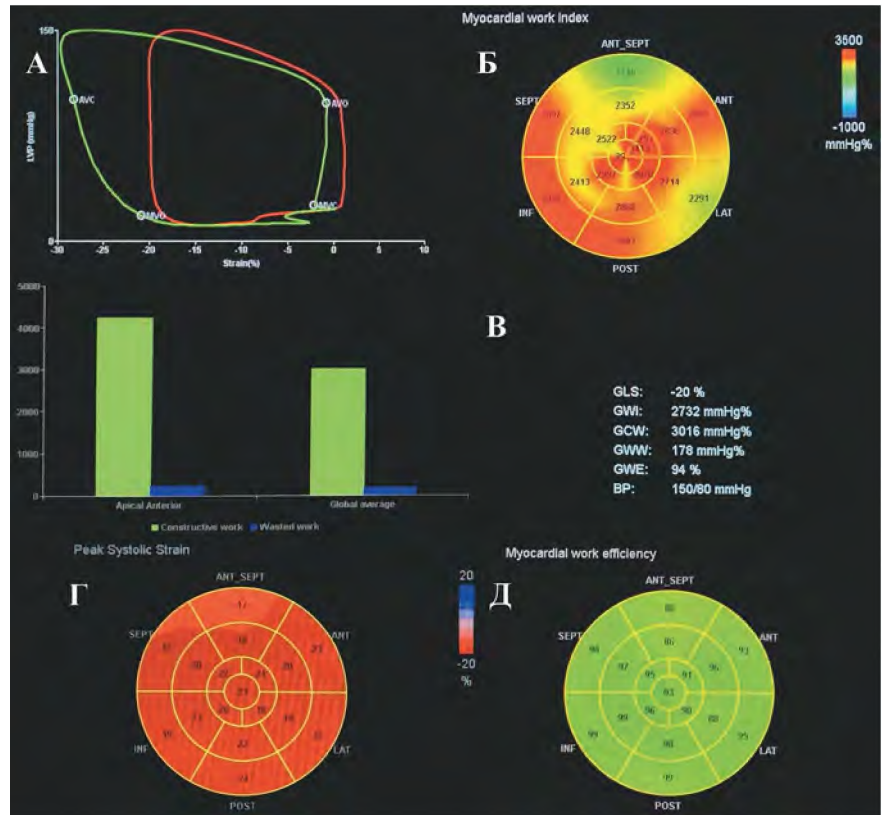


Рисунок 2. Оценка показателей работы миокарда ЛЖ у пациентки с артериальной гипертензией. Описание в тексте, список сокращений тот же, что на рис. 1

покоя 9 мм рт. ст., при пробе Вальсальвы — 13 мм рт. ст., в положении стоя 16 мм рт. ст., клапанный аппарат сердца — без изменений, регистрировались незначительно выраженные передне-систолическое движение створок митрального клапана и мезосистолическое прикрытие створок аортального клапана. При дальнейшем обследовании вторичный характер гипертрофии миокарда был исключен, генетическое типирование на момент написания статьи не проводилось, 5-летний риск внезапной сердечной смерти по шкале HCM Risk-SCD составил 3,88% [14]. Оценка показателей работы миокарда представлена на рис. 3. АД в момент оценки составляло 130/75 мм рт. ст.

У пациента наблюдается снижение показателей глобальной работы миокарда: индекса работы до 1257 мм рт. ст.%, конструктивной работы до 1265 мм рт. ст.% и эффективности до 90% (рис. 3, Д). В связи с выявленной выраженной гипертрофией перегородки отмечается характерное для ГКМП снижение регионарной продольной деформации (рис. 3, Е) и показателей регионарной работы миокарда — индекса (рис. 3, Г) и эффективности (рис. 3, Ж) перегородочных сегментов, особенно базальных. На рис. 3, В, зеленым цветом представлена соответственно деформированная петля давление-деформация базального передне-перегородочного сегмента ЛЖ.

Статистически значимое снижение GCW при отсутствии изменений GWW и ФВ у больных с необструктивной формой ГКМП было описано впервые в исследовании E. Galli и соавт. [15]. Авторы определили, что значение данного показателя <1623 мм рт. ст.% является достоверным

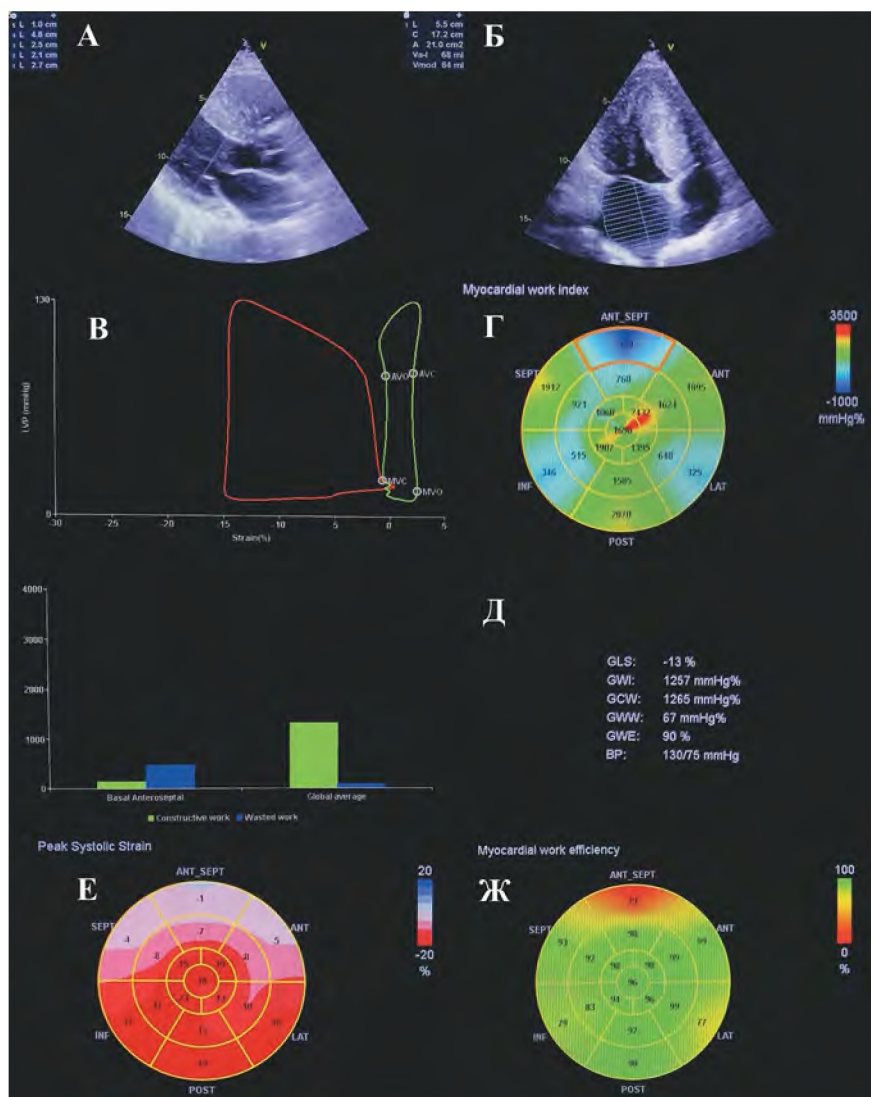


Рисунок 3. Оценка показателей работы миокарда ЛЖ у пациента с гипертрофической кардиомиопатией. Описание в тексте, список сокращений тот же, что на рис. 1. А и Б — изображения, полученные при трансторакальной ЭхоКГ, отмечается выраженная гипертрофия МЖП

и высокочувствительным маркером фиброза миокарда ЛЖ, подтвержденного с помощью магнитно-резонансной томографии с контрастированием гадолинием. В исследовании Y. L. Niemstra и соавт. также было установлено, что конструктивная работа снижена в гипертрофированных сегментах миокарда в соответствии с фенотипом ГКМП. GCW коррелировала с толщиной стенок ЛЖ, диастолической функцией и длительностью комплекса QRS [16]. Авторы выявили еще и достоверное снижение GWI и GWE и увеличение GWW у пациентов с ГКМП по сравнению с контрольной группой здоровых лиц, и оценили прогностическую роль показателей работы миокарда ЛЖ в выживаемости таких пациентов — полученные значения GCW <1730 мм рт. ст.% ассоциировались с худшим долгосрочным клиническим исходом.

При описании случая применения новой неинвазивной методики у пациента с ГКМП нельзя не упомянуть об одном из основных ее ограничений. Расчет показателей работы миокарда ЛЖ с помощью построения кривой давление-деформация основывается на предположении,

что систолическое периферическое АД, измеренное в плечевой артерии, практически эквивалентно максимальному внутрисердечному давлению в ЛЖ. При ГКМП со значимой обструкцией выносящего тракта ЛЖ (>30 мм рт. ст. в покое) и других патологических состояниях, например, аортальном стенозе, давление в ЛЖ определенно будет превышать периферическое АД, поэтому расчет показателей работы миокарда в этом случае будет неточным и не может быть применен [2].

ДИЛАТАЦИОННАЯ КАРДИОМИОПАТИЯ

В третьем случае мы приведем результаты оценки показателей работы миокарда ЛЖ у пациента с дилатационной кардиомиопатией (ДКМП). Пациент С., 51 года, поступил в стационар с клинической картиной застойной сердечной недостаточности, жалобами на одышку при обычной физической нагрузке, быструю утомляемость, эпизоды учащенного сердцебиения. Из анамнеза известно, что пациент уже в течение 10 лет страдает ХСН, периодически госпитализируется в связи с нарастанием одышки, появлением отеков нижних конечностей. Со слов больного наследственность неотягощена, алкоголем не злоупотребляет, тяжело перенесенные инфекции и наличие артериальной гипертензии в анамнезе отрицает. При последующем обследо-

вании данных за наличие ИБС не получено (проводилась коронароангиография — стенозирование коронарных артерий не выявлено), при холтеровском мониторинге ЭКГ зарегистрированы 2 коротких пароксизма желудочковой тахикардии по 6–8 сокращений с частотой 180 ударов в мин. По данным ЭхоКГ (рис. 4, А и Б): КДР ЛЖ 68 мм, толщина МЖП 10 мм, задней стенки ЛЖ в диастолу 10 мм, КДО ЛЖ 184 мл, конечно-систолический объем 128 мл, ФВ 31%, ГПСД –7,6%, масса миокарда ЛЖ 304 г, диффузная гипокинезия левого желудочка, объем левого предсердия — 105 мл, митральная и трикуспидальная регургитации 2 степени, аортальная регургитация 1 степени, расчетное систолическое давление в легочной артерии 42 мм рт. ст. Оценка показателей деформации и работы миокарда представлена на рис. 4. АД на момент исследования составляло 110/70 мм рт. ст. Полностью исключить вторичный характер кардиомиопатии не удалось, генетическое типирование также не проводилось.

Как представлено на рис. 4, Д, у данного пациента показатели глобальной работы миокарда ЛЖ вы-

раженно снижены — GWI до 726 мм рт. ст.%, GCW до 852 мм рт. ст.%, и GWE до 82%, что закономерно на фоне явного сокращения ГПСД до –8%. На диаграмме «бычий глаз» со значениями регионарной продольной деформации (рис. 4, Е) отмечается выраженное поражение в основном средних и базальных сегментов всех стенок ЛЖ, кроме нижне-боковой, а на диаграмме индекса регионарной работы (рис. 4, Г) значения снижены и у сегментов этой стенки ЛЖ. При сравнении со значениями индекса регионарной работы миокарда здорового человека (рис. 1) можно сделать вывод и об относительном снижении работы верхушечных сегментов. На рис. 4, В, зеленым цветом представлена деформированная петля давление-деформация среднего передне-бокового сегмента. Эффективность регионарной работы миокарда значительно поражена преимущественно у базальных сегментов (рис. 4, Ж).

В вышеупомянутом исследовании J. Chan и соавт. у пациентов с ДКМП ишемического и неишемического генеза аналогично было выявлено статистически значимое снижение индекса и эффективности глобальной работы миокарда, глобальной конструктивной работы с увеличением глобальной потерянной [12]. Согласно результатам исследования С. Сui и соавт. индекс регионарной работы миокарда диффузно снижен у пациентов с ДКМП [17]. Сравнивая показатели до и после активно проведенного лечения, включающего диуретики, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента или блокаторы рецепторов ангиотензина-II, бета-блокаторы и антагонисты альдостерона, китайские ученые отметили статистически значимое увеличение GWI и пройденной дистанции при тесте с 6-минутной ходьбой, в то время как ФВ и ГПСД в ответ на терапию достоверно не изменились. На основании этих данных авторы сделали вывод, что индекс работы миокарда может выступать в качестве критерия достижения положительного эффекта от проводимой терапии у пациентов с ДКМП. Отметим, что у нашего пациента в ответ на проведенную аналогичную комплексную терапию сердечной недостаточности ФВ увеличилась до 33–35%, ГПСД до –8,6% (рис. 4, З), GWI до 751 мм рт. ст.% (рис. 4, И), GWE до 87%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере представленных в статье случаев мы продемонстрировали возможность применения методики оценки показателей работы миокарда ЛЖ с помощью построения кривых давление-деформация. Наряду с фракцией выброса и продольной деформацией новые показатели работы миокарда могут предоставить дополнительную информацию о систолической функции сердца. Неоднократно доказанная хорошая воспроизводимость

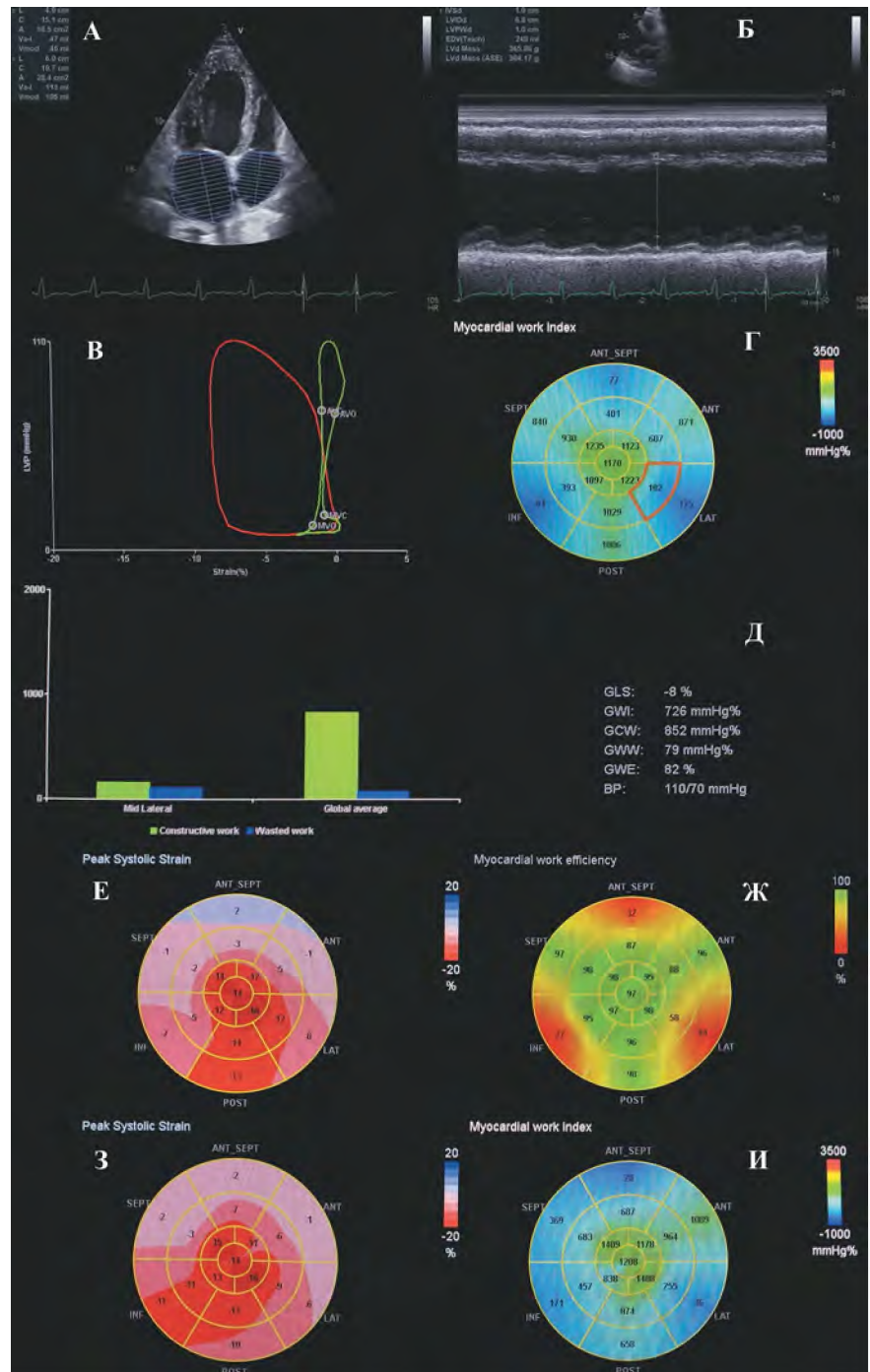


Рисунок 4. Оценка показателей работы миокарда ЛЖ у пациента с дилатационной кардиомиопатией. Описание в тексте, список сокращений тот же, что на рис. 1. А и Б — изображения, полученные при трансторакальной ЭхоКГ, отмечается дилатация преимущественно левых камер сердца

оценки показателей работы миокарда, их высокая чувствительность в выявлении ранних признаков сердечно-сосудистой патологии, а также возможность оценки эффективности проводимой терапии открывают перспективы для внедрения и активного применения в клинической практике этого многообещающего инструмента.

Список литературы/References

- 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):724–733. doi: 10.1093/eurheartj/ehs016
- Chan J, Edwards NFA, Scalia GM, Khandheria BK. Myocardial Work: A New Type of Strain Imaging? *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1209–1211. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.004
- Galli E, Leclercq C, Fournet M, et al. Value of Myocardial Work Estimation in the Prediction of Response to Cardiac Resynchronization Therapy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(2):220–230. doi: 10.1016/j.echo.2017.10.009
- Kostyukevich MV, van der Bijl P, Vo NM, et al. Regional Left Ventricular Myocardial Work Indices and Response to Cardiac Resynchronization Therapy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(8):1852–1854. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.03.006
- Boe E, Russell K, Eek C, et al. Non-invasive myocardial work index identifies acute coronary occlusion in patients with non-ST-segment elevation-acute coronary syndrome. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(11):1247–1255. doi: 10.1093/ehjci/jev078
- Edwards NFA, Scalia GM, Shiino K, et al. Global Myocardial Work Is Superior to Global Longitudinal Strain to Predict Significant Coronary Artery Disease in Patients With Normal Left Ventricular Function and Wall Motion. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(8):947–957. doi: 10.1016/j.echo.2019.02.014
- Hedwig F, Soltani S, Stein J, et al. Global work index correlates with established prognostic parameters of heart failure. *Echocardiography*. 2020;37(3):412–420. doi: 10.1111/echo.14612
- Boudali Y, Donal E, Gallard A, et al. Prognostic Usefulness of Myocardial Work in Patients With Heart Failure and Reduced Ejection Fraction Treated by Sacubitril/Valsartan. *Am J Cardiol*. 2020;125(12):1856–1862. doi: 10.1016/j.amjcard.2020.03.031
- Manganaro R, Marchetta S, Dulgheru R, et al. Echocardiographic reference ranges for normal non-invasive myocardial work indices: results from the EACVINORRE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(5):582–590. doi: 10.1093/ehjci/jez188
- Galli E, John-Matthews B, Rousseau C, Schnell F, Leclercq C, Donal E. Echocardiographic reference ranges for myocardial work in healthy subjects: A preliminary study. *Echocardiography*. 2019;36(10):1814–1824. doi: 10.1111/echo.14494
- Smiseth OA, Donal E, Penicka M, Sletten OJ. How to measure left ventricular myocardial work by pressure-strain loops. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(3):259–261. doi: 10.1093/ehjci/jeaa301
- Chan J, Edwards NFA, Khandheria BK, et al. A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure-strain relations in hypertension and dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(1):31–39. doi: 10.1093/ehjci/jez131
- Loncaric F, Marciniak M, Nunno L, et al. Distribution of myocardial work in arterial hypertension: insights from non-invasive left ventricular pressure-strain relations. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021;37(1):145–154. doi: 10.1007/s10554-020-01969-4
- O'Mahony C, Jichi F, Pavlou M, et al. A novel clinical risk prediction model for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy (HCM risk-SCD). *Eur Heart J*. 2014;35(30):2010–2020. doi: 10.1093/eurheartj/ehz439
- Galli E, Vitell E, Schnell F, et al. Myocardial constructive work is impaired in hypertrophic cardiomyopathy and predicts left ventricular fibrosis. *Echocardiography*. 2019;36(1):74–82. doi: 10.1111/echo.14210
- Hiemstra YL, van der Bijl P, ElMahdoui M, Bax JJ, Delgado V, Marsan NA. Myocardial Work in Nonobstructive Hypertrophic Cardiomyopathy: Implications for Outcome. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1201–1208. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.010
- Cui C, Liu L, Li Y, et al. Left Ventricular Pressure-Strain Loop-Based Quantitative Examination of the Global and Regional Myocardial Work of Patients with Dilated Cardiomyopathy. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(10):2834–2845. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.06.008

Сведения об авторах

Иванов Сергей Игоревич, клинический аспирант кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии¹, ORCID: 0000-0002-6768-1045

Алехин Михаил Николаевич, профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии, д.м.н., заслуженный врач РФ; заведующий отделением функциональной диагностики^{1,2}, ORCID: 0000-0002-9725-7528

¹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ.

² ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ.

Автор для переписки: Иванов Сергей Игоревич
E-mail: 1539ivanov@mail.ru

About authors

Ivanov S. I.¹, ORCID: 0000-0002-6768-1045

Alekhin M. N.^{1,2}, ORCID: 0000-0002-9725-7528

¹ Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia; Department of Therapy, Cardiology and Functional Diagnostics with Nephrology Course

² Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia; Department of Functional Diagnostics

Corresponding author: Ivanov S. I.
E-mail: 1539ivanov@mail.ru

Статья поступила / Received 08.11.2022

Получена после рецензирования / Revised 10.11.2022

Принята в печать / Accepted 12.11.2022

Для цитирования: Иванов С. И., Алехин М. Н. Клиническое применение неинвазивных показателей работы миокарда левого желудочка. Медицинский алфавит. 2022;(33):13–18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-33-13-18>

For citation: Ivanov S. I., Alekhin M. N. Clinical application of noninvasive left ventricular myocardial work indices. Medical alphabet. 2022;(33):13–18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-33-13-18>

