

Преимущества цистатина С перед креатинином в оценке функции почек при ВИЧ-инфекции было показано А. Вонжох и др. (2010) [13]. По их данным, уровень сывороточного цистатина С в большей степени коррелировал с СКФ, измененной с помощью радиоизотопных методов, чем с СКФ, рассчитанной по формулам Cockcroft-Gault, MDRD и СКД-ЕРІ. Аналогичные результаты были получены и в исследовании Н. Е. ван Девертер и др. (2011) [21].

Для разрешения этих противоречий некоторые авторы предлагают использовать совместное измерение цистатина С и креатинина в сыворотке крови для оценки функции почек при ВИЧ-инфекции [22].

Заключение

В общей популяции уровень сывороточного цистатина С является предиктором сердечно-сосудистых осложнений и летальности. В целом считается, что цистатин С более точно отражает функцию почек, особенно на начальных стадиях снижения СКФ. Также установлено, что при ВИЧ-инфекции СКФ связана с общей летальностью только при ее расчете по цистатину, но не креатинину [12]. Отсутствие стандарта для метода определения концентрации цистатина С в крови и формулы для расчета СКФ по цистатину оставляет вопросы для дальнейших исследований. В целом, для оценки функции почек у ВИЧ-инфицированных лиц в настоящее время наиболее подходит формула СКД-ЕРІ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Association between kidney function and albuminuria with cardiovascular events in HIV-infected persons / A. I. Choi [at al.] // *Circulation*. — 2010. — Vol. 121. — P. 651–658.
2. Варианты поражения почек при ВИЧ-инфекции / Н. Д. Ющук [и др.] // *Тер. архив*. — 2008. — № 12. — С. 78–81.
3. Factors associated with renal dysfunction within an urban HIV-infected cohort in the era of highly active antiretroviral therapy / E. T. Overton [at al.] // *HIV Med*. — 2009. — Vol. 10. — P. 343–350.
4. Tordato, F. Evaluation of glomerular filtration rate in HIV-infected patients before and after combined antiretroviral therapy exposure / F. Tordato, A. Cozzi-Lepri, P. Cicconi // *HIV Med*. — 2011. — Vol. 12. — P. 4–13.
5. Guideline for the management of chronic kidney disease in HIV-infected patients: recommendations of the HIV Medicine Association of the Infectious Disease Society of America / S. K. Gupta [at al.] // *Clin. Infect. Dis*. — 2005. — Vol. 40. — P. 1559–1585.
6. Cystatin C and creatinine in an HIV cohort: the nutrition for healthy living study / C. Y. Jones [at al.] // *Am. J. Kidney Dis*. — 2008. — Vol. 51. — P. 914–924.
7. Cystatin C as a marker of renal function is affected by HIV replication leading to an underestimation of kidney function in HIV patients / S. Mauss [at al.] // *Antivir. Ther*. — 2008. — Vol. 13. — P. 1091–1095.
8. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in renal Disease Study Group / A. S. Levey [at al.] // *Ann. Intern. Med*. — 1999. — Vol. 130. — P. 461–470.
9. Cystatin C level as a marker of kidney function in human immunodeficiency virus infection: the FRAM study / M. C. Odden [at al.] // *Arch. Intern. Med*. — 2007. — Vol. 167. — P. 2213–2219.
10. Comparison of CKD-EPI and MDRD to estimate baseline renal function in HIV-positive patients / F. Ibrahim [at al.] // *Nephrol. Dial. Transplant*. — 2012. — Vol. 27. — P. 2291–2297.
11. Brown, W. M. Friends and relations of the cystatin superfamily — new members and their evolution / W. M. Brown, K. M. Dziegielewska // *Protein Sci*. — 1997. — Vol. 6. — P. 5–12.
12. Cystatin C, albuminuria, and 5-year all-cause mortality in HIV-infected persons / A. Choi [at al.] // *Am. J. Kidney Dis*. — 2010. — Vol. 56. — P. 872–882.
13. Validation of estimated renal function measurements compared with the isotopic glomerular filtration rate in HIV-infected cohort / A. Bonjoch [at al.] // *Antiviral. Res*. — 2010. — Vol. 88. — P. 347–354.
14. Cystatin C and baseline renal function among HIV-infected persons in the SUN study / E. T. Overton [at al.] // *AIDS Res. Hum. Retroviruses*. — 2012. — Vol. 28. — P. 148–155.
15. Kidney function of HIV-infected children in Lagos, Nigeria: using Filler's serum cystatin C-based formula / C. I. Esezobor [at al.] // *J. Int. AIDS Soc*. — 2010. — Vol. 13. — P. 17.
16. Does HAART improve renal function? An association between serum cystatin C concentration, HIV viral load and HAART duration / J. Jaroszewicz [at al.] // *Antivir. Ther*. — 2006. — Vol. 11. — P. 641–645.
17. Chronic kidney disease and estimates of kidney function in HIV infection: a cross-sectional study in the multicenter AIDS cohort study / M. M. Estrella [at al.] // *J. Acquir. Immune Defic. Syndr*. — 2011. — Vol. 57. — P. 380–386.
18. Urinary cystatin C can improve the renal safety follow-up of tenofovir-treated patients / A. Jaafar [at al.] // *AIDS*. — 2009. — Vol. 23. — P. 257–259.
19. A comparison of the predictive performance of different methods of kidney function estimation in a well-characterized HIV-infected population / K. Barraclough [at al.] // *Nephron Clin. Pract*. — 2009. — Vol. 111. — P. 39–48.
20. A comparison of cystatin C- and creatinine-based prediction equations for the estimation of glomerular filtration rate in black South Africans / H. E. Van Deventer [at al.] // *Nephrol. Dial. Transplant*. — 2011. — Vol. 26. — P. 1553–1558.
21. Estimation of glomerular filtration rate by using serum cystatin C and serum creatinine concentration in patients with human immunodeficiency virus / P. M. Beringer [at al.] // *Pharmacotherapy*. — 2010. — Vol. 30. — P. 1004–1010.
22. Stevens, L. A. Estimating GRF using serum cystatin C alone and in combination with serum creatinine: a pooled analysis of 3,418 individuals with CKD / L. A. Stevens, J. Coresh, C. H. Schmid // *Am. J. Kidney Dis*. — 2008. — Vol. 51. — P. 395–406.
23. A new equation to estimate glomerular filtration rate / A. S. Levey [at al.] // *Ann. Intern. Med*. — 2009. — Vol. 150. — P. 604–612.

Поступила 14.02.2014

УДК: 616-073.76:[616-005.4+616.379-008.64]

СОВРЕМЕННОЕ И ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭХОКАРДИОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТКАНЕВОЙ ДОПЛЕРОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ С СОЧЕТАННОЙ ПАТОЛОГИЕЙ: ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА (обзор литературы)

Е. П. Науменко, И. Э. Адзериho

Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель
Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск

В обзоре представлена информация о применении эхокардиографии с использованием тканевой доплерографии в оценке структурно-функционального состояния миокарда у пациентов с сочетанной патоло-

гий: ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом 2 типа. Проанализированы последние достижения метода в неинвазивной диагностике атеросклеротического процесса коронарных артерий, позволяющие диагностировать заболевание на субклиническом уровне. Продемонстрированы современные и перспективные возможности использования метода тканевой доплерографии в ранней диагностике коронарного атеросклероза у пациентов с сахарным диабетом.

Ключевые слова: эхокардиография, тканевая миокардиальная доплерография, деформация, скорость деформации, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет 2 тип.

MODERN AND ADVANCED APPLICATION OF ECHOCARDIOGRAPHY TOGETHER WITH TISSUE DOPPLER SONOGRAPHY IN ASSESSMENT OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE OF THE MYOCARDIUM IN PATIENTS WITH COMBINED PATHOLOGY OF CORONARY HEART DISEASE AND TYPE 2 DIABETES MELLITUS
(literature review)

E. P. Naumenko, I. E. Adzerikho

Republican Research Centre for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel
Belarusian Medical Academy for Postgraduate Education, Minsk

The review contains information about the application of echocardiography together with tissue Doppler sonography in the assessment of structural and functional state of the myocardium in patients with combined pathology of coronary heart disease and type 2 diabetes mellitus. We have analyzed the latest achievements in noninvasive diagnostics of atherosclerotic process of coronary arteries, which makes it possible to diagnose the disease at a sub-clinical level. The article presents up-to-date possibilities and prospects of the application of tissue Doppler method in early diagnosis of coronary atherosclerosis in patients with diabetes.

Key words: echocardiography, tissue myocardial Doppler sonography, deformation, deformation rate, coronary heart disease, type 2 diabetes mellitus.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смертности и заболеваемости населения всего мира. Среди основных факторов риска развития ССЗ как у мужчин, так и у женщин ведущую роль занимает сахарный диабет (СД) [1, 2]. В этой связи, своевременная диагностика и лечение ишемической болезни сердца (ИБС) у пациентов с СД является чрезвычайно важным социально-ориентированным направлением медицины.

Следует заметить, что у пациентов с ИБС в сочетании с СД существуют объективные трудности диагностики поражения коронарных сосудов. Это связано с маловыраженностью клинической симптоматики стенокардии, которая проявляется безболевым ишемией миокарда или неспецифическими симптомами, такими, как слабость, приступы удушья, аритмией [3, 4, 5]. В результате классические признаки стенокардии у пациентов с СД наблюдаются уже при наличии выраженного поражения коронарной системы.

Кроме того, у пациентов с СД существуют специфические особенности поражения коронарного русла. Среди них: вовлечение в патологический процесс сосудов малого диаметра, многососудистое поражение коронарных артерий, преобладание субкритических и критических стенозов, стенозов ствола левой коронарной артерии [6, 7, 8].

Известно, что диагностика коронарного атеросклероза и исследование коронарной ге-

модинамики является прерогативой инвазивных методов исследования, в частности, коронарной ангиографии, которая по-прежнему прочно удерживает роль «золотого стандарта». Однако в последнее время бурный рост новых ультразвуковых технологий существенно потеснил диагностические приоритеты ангиографических методов исследования. Особую значимость для неинвазивной диагностики имеют эхокардиографические (ЭХОКГ) и скинтиграфические методы выявления коронарной недостаточности [5, 10, 11].

При ЭХОКГ-исследовании общепринятым методом изучения региональной сократимости является балльная оценка с расчетом индекса нарушения локальной сократимости (ИНЛС) левого желудочка (ЛЖ). В то же время практически все руководства отмечают его главный недостаток — субъективный характер и большую вариабельность результатов [10,11]. В этой связи немалый интерес представляют количественные методы изучения сократимости миокарда на основе тканевого доплеровского исследования (ТДИ), а также оценки деформации (Strain) и скорости деформации (Strain rate) соответствующих сегментов.

Метод ТДИ основывается на принципах, которые используются в обычном доплеровском исследовании кровотока. В основе лежит эффект доплера — свойство любой волны менять свою частоту при отражении от дви-

жущегося объекта [12, 13, 14]. Отличие ТДИ состоит в том, что проводится исследование движения собственно ткани миокарда, а не внутрисердечных потоков. В отличие от кровотока движение миокарда характеризуется более низкой скоростью (около 5–20 мс/с), а отраженный от тканевых структур сигнал имеет высокую амплитуду [13, 15]. Таким образом, тканевой доплер представляет собой низкочастотный и высокоамплитудный фильтр, который позволяет, исключая высокочастотные и низкоамплитудные сигналы от кровотока, выводить на экран сигналы, получаемые от движения ткани миокарда [15, 16]. ТДИ миокарда позволяет определить скоростные, линейные и временные параметры, а также амплитуду и скорость деформации миокарда. К скоростным параметрам относятся пиковые скорости движения миокарда в разные фазы сердечного цикла, миокардиальный градиент. Амплитуда систолического движения относится к линейным показателям. Временные показатели включают время ускорения и замедления движения, время сокращения и расслабления миокарда [17].

Допплеровские методы впервые были использованы для получения информации о движении сердца Т. Joshida с соавторами в 1961 г. В 1973 году I. Mirsky и W. W. Parmley ввели понятие миокардиального напряжения (деформации) в целях исследования жесткости (упругости) миокарда [14]. И только через полтора десятилетия группа под руководством К. Isaz (1989) разработала и обосновала количественные характеристики движения миокарда в норме и патологии, используя импульсно-доплеровский метод визуализации [15]. Технический прогресс середины 90-х годов прошлого века в области цифровых технологий обработки сигналов и построения изображений позволил «перейти Рубикон» в кардиологической ультразвуковой визуализации: появилась стрейн-эхокардиография. Так, в 1994–1995 гг. G. R. Sutherland и соавторы (1994), N. Yamazaki и соавторы (1994), а также К. Miyatake и сотрудники (1995) применили цветокодированный (цветовой) доплер-анализ движений миокарда, а A. D. Fleming и соавторы (1994) описали возможности применения расчета градиента скорости движения миокарда для оценки его сократительной функции. Тремя годами позднее, в 1997 г. A. C. Heimdal с соавторами внедрил анализ напряжения (деформации) и скорости напряжения (скорости деформации) в реальном времени как расширение технологии тканевой доплер-сонографии. Еще через год группа Норвежского университета науки и технологий представила основные принципы и показала практическую применимость цветокодированного визуального представления скоро-

сти напряжения в эхокардиографии (L. A. Brodin с соавт., 1998; A. Heimdal с соавт., 1998). Затем G. R. Sutherland с соавт. (1999), а также L. Hatle и G. R. Sutherland (2000) обобщили появившиеся реальные методы тканевого доплеровского анализа движения стенки левого желудочка [14, 18, 19–24, 58, 59].

Тканевая доплерография (ТД) становится в настоящее время все более доступным методом, но необходимо помнить о следующих ее ограничениях [25]:

1. ТД позволяет исследовать скорость движения миокарда только в одном выбранном объеме.

2. ТД имеет высокое временное и низкое пространственное разрешение, поэтому невозможно провести раздельное исследование субэндо- и субэпикардиальных слоев миокарда.

3. С помощью импульсно-волновой ТД нельзя отличить активное сокращение миокарда от пассивного, так как движение и перемещение всего сердца, а также активное сокращение сегментов миокарда, смежных с анализируемым сегментом, влияют на определяемую скорость в зоне интереса.

4. Скорость движения миокарда стенки в исследуемой зоне, определяемая методом ТД, не отражает сократительную способность анализируемого сегмента, так как полученный результат представляет собой обобщенную скорость всех сегментов, расположенных апикально к анализируемому.

5. Обычно не оценивают верхушечные сегменты, поскольку верхушка практически не совершает продольного движения.

6. Наблюдается снижение скоростей движения сегментов одной и той же стенки по направлению от основания к «неподвижной» верхушке за счет уменьшения подтягивания со стороны нижележащего миокарда.

Преодолеть данные ограничения способна оценка деформации (Strain) и скорости деформации (Strain rate) миокардиальных сегментов. Strain — безразмерная величина, которая представляет собой процент изменения размера миокардиального волокна от состояния в покое до состояния после приложения усилия.

Относительное изменение длины и является деформацией, которая обозначается «E» и может быть описана формулой: $E = L - L_0 / L_1$, где L — длина объекта после деформации, а L_0 — исходная длина объекта. Поскольку эта величина является изменением длины относительно исходной величины, то она выражается в процентах. Если происходит удлинение объекта, то деформация считается положительной величиной, при укорочении объекта — отрицательной. Скорость деформации миокарда рассчитывается на основе пространственного градиента скоростей между двумя соседними

точками миокарда: $E = (V1 - V2) / L$, где L — расстояние между точками 1 и 2, а $V1$ и $V2$ — скорости движения в этих же точках. При утолщении сегмента миокарда в радиальном направлении E принимает положительное значение, при истончении — отрицательное. Продольные изменения деформации сегментов миокарда, полученные из верхушечных позиций датчика, характеризуются терминами «скорость укорочения» в систолу (отрицательное значение E) и «скорость удлинения» в диастолу (положительное значение E). Одним из последних методов расчета $Strain$ является автоматическое создание функциональных изображений (AFI) — технология двойного отслеживания пятен серой шкалы.

При использовании этого метода регистрируются видео клипы 5-, 4-, 2-камерных изображений сердца из апикальной позиции. Последовательно в каждой из трех позиций устанавливается две контрольные точки возле кольца митрального клапана и на эндокарде верхушки левого желудочка. Итоговое отображение выводится на экран в виде бычьего глаза (bull eye), левый желудочек разделяется на 17 сегментов: 6 базальных, 6 средних и 5 апикальных. Показатели продольной деформации миокарда оцениваются в процентах по отношению к его начальной форме. Так как в систолу происходит укорочение продольных мышечных волокон, показатели продольной деформации имеют отрицательное значение.

Преимущества измерений $Strain$ и $Strain\ rate$ в том, что эти величины могут быть получены в реальном времени с высокой временной и пространственной точностью. На значение $Strain$ и $Strain\ rate$ не влияет глобальное смещение сердца и эффект связывания сегментов. Ограничения режима заключаются в том, что измерения проводятся из апикальной позиции и поэтому можно оценить только продольную деформацию и на анализ влияет качество серошкального изображения [25, 26, 27]. Продольный систолический стрейн коррелирует с максимальным значением первой временной производной давления в ЛЖ. Этот режим позволяет выявить сегменты миокарда с нормальным кинезом стенки, так и при различных типах асинергии. Продольный систолический стрейн миокардиального волокна (например, перегородки), укорочение, нормализованное на длину миокарда в диастолу, аналогичен фракции выброса в ЭхоКГ. Продольное сокращение отражает фактически насосную работу ЛЖ в продольной оси. В норме систолический $Strain$ миокардиального волокна составляет в среднем 20 %. Снижение этого норматива является маркером нарушения деформации.

Принципиальным отличием показателей $Strain$ от $Strain\ rate$ является то, что если значе-

ния скорости миокарда при исследовании в верхушечном срезе снижаются от основания к верхушке, то систолическая деформация равномерно распределена по всему миокарду. По своей сути деформация всегда локальна. Следовательно, ее оценка в пределах стандартных сегментов позволяет судить об их сократимости [28]. Таким образом, оценка деформации миокарда позволяет производить количественную оценку локальной сократимости левого желудочка [29, 30].

$Strain$ и $Strain\ rate$ миокарда, измеренные методом ТД, хорошо коррелируют с данными, полученными при проведении магнитно-резонансной томографии как для здорового миокарда, так и для ишемического поражения [31, 33]. До настоящего времени нет общепризнанных, «нормальных» значений показателей деформации и скорости деформации миокарда, продолжается накопление данных. Например, известно исследование М. Kowalsky и соавторов, представивших нормативные показатели количественного анализа ТД, полученные в результате обследования клинически здоровых лиц [31].

В ходе самого большого на сегодняшний день исследования Hunt [32], в котором для изучения показателей деформации у здоровых лиц были отобраны 1266 человек без сердечной патологии, гипертонии и сахарного диабета, были получены нормальные значения деформации и скорости деформации для левого желудочка в соответствии с возрастом и полом.

Показатели деформации у здоровых людей изучались в работе В. Э. Олейникова с соавт. [34]. Оценивались показатели радиальной деформации миокарда в процентах по отношению к его начальной форме и скорости радиальной деформации (s^{-1}) миокарда во всех сегментах ЛЖ. Установлено, что полученные значения радиальной деформации и скорости радиальной деформации у здоровых лиц достоверно уменьшаются от базальных отделов к апикальным. Соответственно, авторы считают, что применение технологии двухмерной визуализации позволяет получать количественные показатели радиальной деформации и скорости радиальной деформации миокарда, что делает оценку сократительной способности миокарда комплексной и более объективной [34, 35].

В исследованиях, изучающих зависимость показателей деформации миокарда от пола и формы ЛЖ, были обнаружены весьма слабые корреляции или получены противоречивые данные [13]. Поэтому в настоящее время показатели стрейна и скорости стрейна не индексируются в зависимости пола и формы ЛЖ [13, 15].

Ведутся работы по изучению диагностических возможностей метода ТД и его отдельных методик при различной патологии сердечно-сосудистой системы, но этому вопросу посвя-

щено сравнительно небольшое количество научных работ.

Снижение максимального систолического продольного стрейна наблюдается не только во время острой ишемии миокарда или при наличии поражения миокарда, но и у больных с трехсосудистым поражением коронарного русла или ствола левой коронарной артерии при отсутствии признаков поражения миокарда или нарушений локальной сократимости [36]. Эти данные свидетельствуют, что показатели деформации миокарда предполагают большую чувствительность в диагностике нарушений локальной сократимости при инфаркте миокарда, при субклинических изменениях сократимости, обусловленных ИБС. Остается не выясненным, как меняются значения локального систолического стрейна при однососудистом и многососудистом поражении коронарных артерий при повреждении миокарда и без него, влияет ли степень атеросклероза и на сколько коррелирует с данными инвазивных методик.

Активно изучаются вопросы применения показателей стрейна на основе технологии двухмерного отслеживания пятен для определения жизнеспособности поврежденного миокарда, который может восстановить свою сократимость. Коллективом авторов под руководством Y. N. Park [37] было показано, что значения продольного стрейна менее 10,2 % после выполнения реперфузионной терапии у больных острым ИМ позволяет предсказать нежизнеспособный миокард с чувствительностью 90,9 % и специфичностью 85,7 %. В то же время Becker M., с соавторами [28] выявил, что значение максимального радиального стрейна более 17,2 % позволяет прогнозировать восстановление функции миокарда после реваскуляризации. По этим данным предполагается использование показателей деформации с прогностическими целями.

В других исследованиях показана возможность выявлять пораженные сегменты и дифференцировать трансмуральное поражение от нетрансмурального при инфаркте миокарда (ИМ) с помощью определенных значений деформации. O. Gjesdal с соавт. [38] сообщил о возможности выявлять пораженные ИМ сегменты с чувствительностью 76 % и специфичностью 95 % при использовании значения продольного стрейна менее 15 %. В то же время до настоящего времени не разработаны критерии единого подхода в оценке количественных значений деформации при различном поражении.

По мнению S. D. Roes с соавт. [39], можно дифференцировать трансмуральный ИМ от нетрансмурального, используя значение продольного систолического стрейна — 4,5 %, с чувствительностью 81,2 % и специфичностью 81,6 %. В то же время другие авторы предла-

гают дифференцировать трансмуральное поражение от нетрансмурального при значении 16,5 % сегментарного радиального стрейна и для значения 1,1 % циркулярного стрейна [40].

Обобщенные данные по применению методик изучения деформации миокарда отражены в согласованном отчете экспертов ведущих эхокардиографических организаций Америки, Европы, Японии, посвященном количественной оценке сердечной механики новыми методами эхокардиографической диагностики [41].

Недавние научные исследования, основанные на сопоставлении данных ТМДЭхоКГ с гистологическими исследованиями миокарда, свидетельствуют, что миокардиальные скорости отражают структурные изменения в миокарде (выраженность фиброза, плотность бета-адренорецепторов) [32].

Результаты клинических исследований показали, что тканевая доплерография позволяет выявлять зоны нарушенной локальной сократимости у больных острым инфарктом миокарда (ИМ) [42] и постинфарктным кардиосклерозом [43]. Имеются данные об успешном применении тканевой доплерографии при стресс-ЭхоКГ с добутамином [43, 44].

В исследовании, проводимом на кафедре клинической и функциональной диагностики РПДО (Москва, Россия), оценивалась локальная сократимость миокарда левого желудочка методом тканевой доплерографии с определением скорости движения миокарда у больных с различными формами ИБС [45]. На основании полученных результатов были предложены критерии ишемии. Специфичным признаком ишемии авторы предлагают считать прирост пиковой систолической скорости S_m менее 50 % в сочетании с отрицательным приростом систолического смещения INT на пике стресс-ЭхоКГ. Согласно этому критерию, в 31 % сегментов левого желудочка в группе больных со стабильной стенокардией были обнаружены признаки сократительной дисфункции на пике стресс-ЭхоКГ. Высокоспецифичным признаком ишемии является также сниженная скорость S_m (менее 8 см/с) на пике стресс-ЭхоКГ в точке митрального кольца у основания исследуемой стенки левого желудочка. Этот признак имелся в 33 % стенок левого желудочка у больных со стенокардией и только в 12 % стенок в контрольной группе.

Эхокардиография широко используется для выявления нарушения диастолической функции у больных с сахарным диабетом 2 типа [9, 46, 47]. Большинство исследований при диабете основано на исследовании трансмитрального доплеровского потока для выявления нарушений диастолической функции миокарда [9, 47]. Однако исследование трансмитрального доплеро-

ровского потока зависит от преднагрузки и, следовательно, менее информативно [46, 48]. В то же время для оценки диастолической функции у пациентов с диабетом применяется ЭХОКГ с использованием ТМД путем измерения скорости движения миокарда, а не скорости потока, не зависит от условий преднагрузки, поэтому в состоянии обнаружить нарушение диастолической функции даже при наличии нормального E / A соотношения трансмитрального кровотока [48, 46].

Предпринимаются попытки использования показателей деформации и скручивания миокарда ЛЖ для диагностики доклинического поражения сердца при СД. По данным H. Nakai с соавт. [49], продольный систолический стрейн снижен у пациентов с СД 2 типа с сохраненной систолической функцией ЛЖ, не имеющих каких-либо клинических симптомов заболевания. В данном исследовании было установлено, что сниженная продольная деформация коррелирует с длительностью диабета, и предложен метод 2D Strain для выявления субклинического поражения сердца у пациентов с диабетом [46]. Однако не выяснено варьируют ли показатели радиального и циркулярного стрейна в зависимости от степени поражения миокарда.

В другом исследовании по изучению деформации и скорости деформации у пациентов с диабетом авторы обнаружили признаки субклинического нарушения систолической и диастолической функции миокарда ЛЖ, снижение продольного стрейна и скорости стрейна при нормальной структуре ЛЖ и систолической функции [50]. Авторы пришли к выводу, что диабет был независимым предиктором субклинической дисфункции ЛЖ [47]. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы выяснить, точность и клиническую роль параметров деформации при диабете.

По мнению Z. Y. Fang с соавт. [51], субклиническая дисфункция ЛЖ может быть диагностирована снижением продольной сократимости миокарда у больных с сахарным диабетом без гипертрофии левого желудочка с нормальной ФВ без признаков ишемии миокарда. Как полагают авторы, изменения радиальной функции можно рассматривать как компенсаторную реакцию на снижение продольной функции ЛЖ при отсутствии ишемии и гипертрофии миокарда у больных с сахарным диабетом.

Недавние исследования показали, что у больных СД 1 типа наблюдается увеличение скручивания миокарда, вероятно, отражающее субклиническое микрососудистое поражение [52].

В Научном Центре сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева РАМН ведется активное изучение возможностей ТМДЭхоКГ в диагностике ишемической дисфункции миокарда. В диссертационных работах М. А. Арипова

[35], Ц. А. Гунджуа [53], а также Ш. Ш. Жожадзе [54] показана возможность применения в оценке локальной диастолической функции, продольной функции миокарда левого и правого желудочка у пациентов с ИБС. В диссертационной работе М. А. Арипова показана возможность применения ТМДЭхоКГ в оценке локальной диастолической функции миокарда. Данный метод позволяет более точно оценивать степень диастолических нарушений у больных ИБС, чем исследование трансмитрального кровотока. Больные ИБС с нормальной общей диастолической функцией левого желудочка могут иметь участки миокарда с нарушением расслабления, которые выявляются ТМДЭхоКГ. Это позволяет оценивать нарушение расслабления раньше, чем с помощью традиционно используемых параметров трансмитрального кровотока.

В диссертационной работе Ц. А. Гунджуа [53] изучались возможности ТМДЭхоКГ в оценке продольной систолической функции левого желудочка, которая анализировалась у здоровых лиц и у больных ИБС с различной тяжестью коронарного атеросклероза. Показано изменение доплеровских параметров продольной систолической функции ЛЖ при нагрузочных стресс-тестах у здоровых лиц и у больных ИБС.

Диссертационная работа Ш. Ш. Жожадзе [54] показала возможности ТМДЭхоКГ в оценке сегментарной систолической и диастолической функции правого желудочка (ПЖ). Описаны нормальные значения миокардиальных систолических и диастолических скоростей и скорости деформации ПЖ по данным ТМДЭхоКГ, показаны изменения параметров ТМДЭхоКГ ПЖ у больных ИБС с гемодинамически значимым поражением правой коронарной артерии. Первый накопленный опыт показал высокую информативность метода в оценке функции сердца у данной категории пациентов.

Отмечается высокая информативность стресс-эхокардиографии, дополненной оценкой скорости движения, деформации и скорости деформации миокарда. Изменение показателей деформации во время проведения стресс-теста с добутамином помогает дифференцировать оглушенный миокард от ишемии миокарда. В оглушенном миокарде снижены показатели деформации в покое, в ответ на введение низких доз добутамина наблюдается нормализация показателей систолической деформации и скорости деформации с сопутствующим уменьшением постсистолической деформации. При ишемии миокарда не происходит нормализации показателей либо они изменяются незначительно [55]. Повышение показателей деформации и скорости деформации при введении добутамина указывает на степень жизнеспособности миокарда, при этом скорость деформации является

более чувствительным показателем, чем скорость движения ткани миокарда при низких дозах добутина для выявления жизнеспособного миокарда [56].

Е. Н. Павлюкова, В. Ю. Егорова — сотрудники ГУ НИИ кардиологии Томского научного центра СО РАМН проанализировали показатели деформации миокарда в режиме Strain и Strain rate при стресс-эхокардиографии с добутином и их зависимость от степени стеноза коронарных артерий [57]. В данном исследовании подтверждено влияние коронарного кровотока на показатели сегментарной сократимости левого желудочка. Показана зависимость значений Strain от степени стенозирования КА. Была проанализирована чувствительность, специфичность и прогностическая ценность Strain в топической диагностике стенозирующего атеросклероза коронарных артерий. Критерий Strain менее 20,0 % при достижении субмаксимальной ЧСС является высокоспецифичным в диагностике стенозирующего поражения всех трех коронарных сосудов. Наибольшая чувствительность этого показателя отмечена для ПНА, наименьшая — для огибающей артерии [57, 58–61].

Таким образом, использование ТМД при эхокардиографическом исследовании позволяет достаточно полно оценить региональную и глобальную функции миокарда. Показатели деформации миокарда могут быть полезны для ранней диагностики поражений миокарда различной этиологии, в том числе при сахарном диабете. Выявление ранних субклинических маркеров нарушения функции миокарда особенно актуально у пациентов с ИБС и СД, учитывая маловыраженную клиническую симптоматику. Наряду с этим метод требует дальнейшего изучения у данной категории пациентов.

Заключение

1. Использование эхокардиографии с применением тканевой миокардиальной доплерографии позволяет выявлять структурно-функциональные нарушения миокарда на субклиническом уровне ишемической болезни сердца и при ее сочетании с сахарным диабетом.

2. При остром и хроническом нарушении коронарного кровообращения вследствие атеросклеротического поражения все показатели (скоростью, деформация и скорость деформации) тканевой миокардиальной доплерографии достоверно снижены даже при отсутствии нарушений сократимости по данным двухмерной эхокардиографии и четких клинических данных.

3. Выявление ранних субклинических маркеров нарушения сократимости миокарда исследуемой области по данным ТД позволяет оценить локализацию и тяжесть коронарного атеросклероза, что улучшает качество диагно-

стики и предоставляет дополнительную информацию при постановке диагноза и принятии клинических решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мрочек, А. Г. Поражение сердца при сахарном диабете / А. Г. Мрочек, Т. В. Мохорт, С. Алонсо // Медицинские новости. — 1995. — № 7. — С. 7–15.
2. Сердечно-сосудистые заболевания в Республике Беларусь: анализ ситуации и стратегии контроля / А. Г. Мрочек [и др.]. — Минск: Беларуская навука, 2011. — 342 с.
3. Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases: executive summary. The Task Force on Diabetes and Cardiovascular Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) / L. Ryden [et al.] // Eur. Heart J. — 2007. — Vol. 28, № 1. — P. 88–136.
4. Pyorala, K. Diabetes and Atherosclerosis: an Epidemiologic View / K. Pyorala, M. Laakso, M. Uusitupa // Diabetes Metab. Rev. — 1987. — Vol. 3, № 2. — P. 463–524.
5. Betteridge, D. J. Epidemiology of the Cardiac Complications of Type 2 Diabetes Mellitus / D. J. Betteridge // Medicographia. — 2001. — Vol. 23. — P. 95–99.
6. Gerstein, H. C. Epidemiology of Heart Disease in Diabetes / H. C. Gerstein // The Diabetic Coronary Patient / ed. W. C. Stanley, L. Ryden. — London: Science Press, 1999. — P. 3–12.
7. Diabetes and Cardiovascular Disease. A Statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association / S. M. Grundy [et al.] // Circulation. — 1999. — Vol. 100. — P. 1134–1146.
8. Дедов, И. И. Сахарный диабет: руководство для врачей / И. И. Дедов, М. В. Шестакова — М.: Универсум паблишинг, 2003. — 455 с.
9. Prevalence of ventricular diastolic dysfunction in asymptomatic, normotensive patients with diabetes mellitus / J. K. Boyer. [et al.] // Am J Cardiol. — 2004. — Vol. 3. — P. 870–875.
10. Фейгенбаум, Х. Эхокардиография: пер. с англ. / Х. Фейгенбаум. — М.: Видар, 1999. — 512 с.
11. Шиллер, Н. А. Клиническая эхокардиография / Н. А. Шиллер, М. Л. Осипов. — М., 1993. — 200 с.
12. Воспроизводимость измерений скоростей движения миокарда левого желудочка в режиме тканевого доплера / М. Н. Алехин [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2004. — № 2. — С. 92–99.
13. Алехин, М. Н. Тканевой доплер в клинической эхокардиографии / М. Н. Алехин. — М.: Инсвязьиздат, 2006. — 104 с.
14. Ткаченко, С. Б. Тканевое доплеровское исследование миокарда / С. Б. Ткаченко, Н. Ф. Берестень. — М.: Реал Тайм, 2006. — 176 с.
15. Алехин, М. Н. Возможности практического использования тканевого доплера. Лекция 1: Тканевой доплер: принципы метода и его особенности. Основные режимы, методика регистрации и анализа / М. Н. Алехин // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2002. — № 3. — С. 115–125.
16. Алехин, М. Н. Возможности практического использования тканевого доплера. Лекция 2. Тканевой доплер фиброзных колец атриовентрикулярных клапанов. / М. Н. Алехин // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2002. — № 4. — С. 112–118.
17. Современные возможности тканевой доплерографии и области ее применения / А. Б. Хадзегова [и др.] // Сердце. — 2010. — № 4. — С. 251–261.
18. Tissue tracking allows rapid and accurate visual evaluation of left ventricular function / C. Pan [et al.] // Eur. J. Echocardiography. — 2001. — Vol. 2. — P. 197–202.
19. Афанасьева, Е. Методика оценки систолодиастолической деформации миокарда / Е. Афанасьева, Е. Грушевская // Новая медицина тысячелетия. — № 2–3. — С. 2–3.
20. Brodin, L. A. Echocardiographic functional images based on tissue velocity information / L.-A. Brodin, J. van der Linden, B. Olstad // Herz. — 1998. — № 23. — P. 491–498.
21. Myocardial velocity gradients detected by Doppler imaging / A. D. Fleming [et al.] // Br. J. Radiol. — 1994. — Vol. 67. — P. 679–688.
22. Hecht, E. Mechanical properties of solids. The encyclopedia of physics / E. Hecht, ed. R. M. Besancon. — N. Y., 1985. — P. 727–735.
23. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound / A. Heimdal [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 1998. — № 11. — P. 1013–1019.
24. Real-time strain velocity imaging (SVI) / A. Heimdal [et al.] // IEEE Proc. Ultrasonic Symposium. — 1997. — № 2. — P. 1423–1426.

25. *Алехин, М. Н.* Ультразвуковые методики оценки деформации миокарда и их клиническое значение. Допплеровская визуализация тканей в оценке деформации миокарда (лекция 1) / М. Н. Алехин // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2011. — № 1. — С. 105–117.
26. Non-Doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography — from technical considerations to clinical applications / G. Perk [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2007. — Vol. 20, № 3. — P. 234–243.
27. *Алехин, М. Н.* Ультразвуковые методики оценки деформации миокарда и их клиническое значение. Двухмерное отслеживание пятен серой шкалы ультразвукового изображения миокарда в оценке его деформации и скручивания (лекция 2) / М. Н. Алехин // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2011. — № 3. — С. 107–120.
28. *Voigt, J. U.* Strain and strain rate. New and clinically relevant echo parameters of regional myocardial function / J. U. Voigt, F. A. Flachskampf // Z. Kardiol. — 2004. — Vol. 93. — P. 249–258.
29. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association / M. D. Cerqueira [et al.] // Circulation. — 2002. — Vol. 105. — P. 539–542.
30. *Stoylen, A.* Systolic long axis function of left ventricle. Global and regional information / A. Stoylen, T. Skjaerpe // Scand. Cardiovasc. J. — 2003. — Vol. 37, № 5. — P. 253–258.
31. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects / M. Kowalski [et al.] // Ultrasound Med. Biol. — 2001. — Vol. 27. — P. 1087–1097.
32. Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: the Hunt study in Norway / H. Dalen [et al.] // Eur. J. Echocardiogr. — 2010. — Vol. 11, № 2. — P. 176–183.
33. *Marwick, T. H.* Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? / T. H. Marwick // J. Am. Coll. Cardiol. — 2006. — Vol. 47, № 7. — P. 1313–1327.
34. *Олейников, В. Э.* Оценка деформационных характеристик миокарда у здоровых лиц различных возрастных групп эхокардиографическим методом χ -Strain / В. Э. Олейников, В. А. Галимская, И. А. Донченко // Кардиология. — 2012. — № 2. — С. 65–69.
35. *Арипов, М. А.* Сегментарная диастолическая функция левого желудочка у больных ИБС по данным тканевой доплерэхокардиографии: дис. канд. мед. наук: 14.00.06. — М., 2001. — 120 с.
36. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality / J. O. Choi [et al.] // Eur. J. Echocardiogr. — 2009. — Vol. 10, № 5. — P. 695–701.
37. Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patients with anterior wall acute myocardial infarction / Y. H. Park [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2008. — Vol. 21, № 3. — P. 262–267.
38. Global longitudinal strain measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography is closely related to myocardial infarct size in chronic ischemic heart disease / O. Gjesdal [et al.] // Clin. Sci. (London). — 2007. — Vol. 113, № 6. — P. 287–296.
39. Validation of echocardiographic two-dimensional speckle tracking longitudinal strain imaging for viability Assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging / S. D. Roes [et al.] // Am. J. Cardiol. — Vol. 104, № 3. — P. 312–317.
40. Analysis of myocardial deformation based on ultrasonic pixel tracking to determine transmurality in chronic myocardial infarction / M. Becker [et al.] // Eur. Heart J. — 2006. — Vol. 27, № 21. — P. 2560–2566.
41. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography / V. Mor-Avi [et al.] // Eur. J. Echocardiogr. — 2011. — Vol. 12, № 3. — P. 167–205.
42. Analysis of institutional observer agreement in interpretation of dobutamine stress echocardiograms / R. Hoffmann [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. — 1996. — Vol. 27. — P. 330–336.
43. Strain-Rate Imaging During Dobutamine Stress Echocardiography Provides Objective Evidence of Inducible Ischemia / J. U. Voigt [et al.] // Circulation. — 2003. — Vol. 107, № 16. — P. 2120–2126.
44. *Fraser, A. G.* Feasibility and reproducibility of off-line tissue Doppler measurement of regional myocardial function during dobutamine stress echocardiography / A. G. Fraser, N. Payne, C. F. Madler // Eur. J. Echocardiogr. — 2003. — № 4. — P. 43–53.
45. Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion during myocardial ischemia and reperfusion / G. Derumeaux [et al.] // Circulation. — 2000. — Vol. 101. — P. 1390–1397.
46. Early detection of diabetic cardiomyopathy: usefulness of tissue Doppler imaging / P. Di Bonito [et al.] // Diabet Med. — 2005. — Vol. 22. — P. 1720–1725.
47. Diastolic dysfunction in normotensive men with well-controlled type 2 diabetes: importance of maneuvers in echocardiographic screening for preclinical diabetic cardiomyopathy / P. Poirier [et al.] // Diabetes Care. — 2001. — Vol. 24. — P. 5–10.
48. Diastolic dysfunction: improved understanding using emerging imaging techniques / D. Daneshvar [et al.] // Am Heart J. — 2010. — Vol. 160. — P. 394–404.
49. Subclinical left ventricular dysfunction in asymptomatic diabetic patients assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography: correlation with diabetic duration / H. Nakai [et al.] // Eur. J. Echocardiogr. — 2009. — Vol. 10, № 8. — P. 926–932.
50. *Ng, A. C.* Findings from left ventricular strain and strain rate imaging in asymptomatic patients with type 2 diabetes Mellitus / A. C. Ng, V. Delgado, M. Bertini // Am J Cardiol. — 2009. — Vol. 104. — P. 1398–1401.
51. Relationship between longitudinal and radial contractility in subclinical diabetic heart disease / Z. Y. Fang, R. Leano, T. H. Marwick // Clin. Sci. (London). — 2004. — Vol. 106, № 1. — P. 53–60.
52. Increased left ventricular torsion in uncomplicated type 1 diabetic patients the role of coronary microvascular function / G. N. Shivu [et al.] // Diabetes Care. — 2009. — Vol. 32, № 9. — P. 1710–1712.
53. *Арипов, М. А.* Сегментарная диастолическая функция левого желудочка у больных ИБС по данным тканевой доплерэхокардиографии: дис. ... канд. мед. наук / М. А. Арипов. — М., 2001.
54. *Гунджуа, Ц. А.* Диагностические возможности тканевой стресс-эхокардиографии при изучении состояния систолической функции миокарда у больных ИБС: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.06 / Ц. А. Гунджуа. — М., 2007. — 149 с.
55. *Жожадзе, Ш. Ш.* Возможности контрастной эхокардиографии тканевой доплерографии в оценке функционального состояния правого желудочка у больных ИБС: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.06: 14.00.19 / Ш. Ш. Жожадзе. — М., 2008. — 139 с.
56. Assessment of nonuniformity of transmural myocardial velocities by color-coded tissue Doppler imaging: characterization of normal, ischemic, and stunned myocardium / G. Derumeaux [et al.] // Circulation. — 2000. — Vol. 101. — P. 1390–1395.
57. Strain rate measurement by Doppler echocardiography allows improved assessment of myocardial viability in patients with depressed left ventricular function / R. Hoffmann [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. — 2002. — Vol. 39. — P. 443–449.
58. *Павлюкова, Е. Н.* Анализ деформации миокарда в режиме strain и strain rate при стресс-эхокардиографии с добутином в зависимости от степени стеноза коронарных артерий / Е. Н. Павлюкова, В. Ю. Егорова. // Сибирский медицинский журнал. — 2008. — Т. 23. — № 2–4.
59. Application of tissue Doppler interpretation of Dobutamine echocardiography and comparison with quantitative coronary angiography / P. Cain // Am. J. Card. — 1987. — № 5. — P. 525–531.
60. Assessment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from Doppler myocardial imaging indexes in normal and infarcted myocardium. Journal / J. U. Voigt [et al.] // Am. Soc. Echocardiogr. — 2000. — Vol. 13. — P. 588–598.
61. Analysis of heart motion with ultrasonic Doppler method and its clinical application / T. Yoshida [et al.] // Am. Heart J. — 1961. — Vol. 61. — P. 61–75.
62. Doppler echocardiographic measurement of low velocity motion of the left ventricular posterior wall / K. Isaaz [et al.] // Am. J. Cardiol. — 1989. — Vol. 64. — P. 66–75.
63. Myocardial deformation imaging based on ultrasonic pixel tracking to identify reversible myocardial dysfunction / M. Becker [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. — 2008. — Vol. 51, № 15. — P. 1473–1481.