

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭХОКАРДИОГРАФИИ В ОБСЛЕДОВАНИИ ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Мушкамбаров И.Н.¹, Берестень Н.Ф.², Ткаченко С.Б.², Романов С.Н.²,
Колесников В.Н.²

¹ГКБ им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москва, Москва, e-mail: loop182@rambler.ru;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, e-mail: nberesten@yandex.ru

Согласно современным рекомендациям, основная задача эхокардиографии (ЭхоКГ) при обследовании пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) – исключить альтернативные, некоронарогенные заболевания, которые могут являться причиной стенокардии. Таким образом, несмотря на то что ЭхоКГ покоя является важным инструментом для оценки функциональных показателей и анатомии сердца, в большинстве случаев она не дает диагностической ценности в плане наличия самого заболевания – ИБС. Развитие современных ультразвуковых технологий, таких как тканевое доплеровское исследование (ТДИ), позволяет расширить возможности эхокардиографии у пациентов с ИБС путем оценки упруго-эластических свойств грудной аорты. Многочисленные исследования показывают достоверную корреляцию между наличием и выраженностью коронарного атеросклероза и изменениями упруго-эластических свойств грудной аорты. Коронарный атеросклероз является наиболее частой причиной ИБС. ТДИ является ультразвуковой технологией, которая используется для оценки скорости и направления движения тканей. С помощью данных ТДИ стало возможным оценивать степень упруго-эластических свойств грудной аорты и выделять изменения, характерные для пациентов с коронарным атеросклерозом. Комбинация М-режима и цветового доплеровского картирования (ЦДК), методика, используемая для оценки диастолической функции левого желудочка, позволяет оценивать скорость распространения потока (СРП) в нисходящем отделе грудной аорты, которая характеризует податливость стенок аорты.

Ключевые слова: эхокардиография, ишемическая болезнь сердца, коронарный атеросклероз, грудная аорта, упруго-эластические свойства, тканевое доплеровское исследование, импульсно-волновая тканевая доплерография, скорость распространения потока в цветовом М-режиме.

MODERN OPPORTUNITIES OF ECHOCARDIOGRAPHY IN THE EXAMINATION OF PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE

Mushkambarov I.N.¹, Beresten N.F.², Tkachenko S.B.², Romanov S.N.²,
Kolesnikov V.N.²

¹Botkin's state hospital, Moscow, e-mail: loop182@rambler.ru;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, e-mail: nberesten@yandex.ru

According guidelines the main goal of echocardiography when examining patients with coronary artery disease (CAD) is to exclude alternative, non-coronary diseases, which can cause angina pectoris. Thus, in spite of the fact that resting echocardiography is an important tool for assessing functional parameters and heart anatomy, in most cases it does not provide diagnostic value in terms of the presence of the disease itself - CAD. The development of modern ultrasound technologies, such as Tissue doppler imaging (TDI), allows to expand the capabilities of echocardiography in patients with coronary artery disease by assessing the elastic properties of the thoracic aorta. Numerous studies demonstrate a reliable correlation between the presence and severity of coronary atherosclerosis and changes in the elastic properties of the thoracic aorta. Coronary atherosclerosis is the most common cause of CAD. TDI is an ultrasound technology that is used to evaluate the speed and direction of tissue movement. With the help of TDI, it became possible to assess the degree of elastic properties changes of the thoracic aorta and distinguish the changes that are able to characterize of patients with coronary atherosclerosis. The combination of M-mode and color tissue doppler, a technique used to assess diastolic left ventricle function, allows to estimate the flow propagation velocity in the descending thoracic aorta that characterizes the compliance of the aortic walls.

Keywords: echocardiography, coronary artery disease, coronary atherosclerosis, thoracic aorta, elastic properties, tissue Doppler imaging, pulse-wave tissue Doppler, flow propagation velocity, color M-mode.

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания продолжают оставаться

главной причиной инвалидности и смертности как в России, так и в мире [1-3]. В России, по данным Росстата, в 2017 году смертность от сердечно-сосудистых заболеваний составила 50% от всех причин смерти (45% от всех причин смерти среди мужского населения и 55% среди женского населения). Смертность от ишемической болезни сердца (ИБС) занимает лидирующее место и составляет 47% в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, 9% из которых составляет смертность от инфаркта миокарда, остальные 38% проходятся на долю хронической ИБС. Основной причиной ИБС является коронарный атеросклероз [2].

Эхокардиография покоя в настоящее время широко используется практически повсеместно, представляя собой безопасное, неинвазивное, безболезненное исследование без побочных действий и противопоказаний. Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов, основной целью данного исследования является исключение альтернативных некоронарогенных причин стенокардии. Эхокардиография покоя также может выявить снижение фракции выброса левого желудочка и нарушение локальной сократимости левого желудочка как признак ИБС [4]. Однако следует отметить, что эти нарушения встречаются не часто. По данным Lewis S.J. et al. [5], при исследовании 252 пациентов без анамнестических, клинических или электрокардиографических указаний на перенесенный инфаркт миокарда, которые впоследствии прошли коронарографию, нарушение локальной сократимости было выявлено у 31% пациентов.

Многочисленные исследования показывают, что изменение эластичности аорты коррелирует с наличием и выраженности коронарного атеросклероза, что доказывает ассоциированность этих процессов [6-9].

ТДИ является ультразвуковой технологией, которая используется для оценки скорости и направления движения тканей. С помощью данных ТДИ стало возможным оценивать степень упруго-эластических свойств грудной аорты и выделять изменения, характерные для пациентов с коронарным атеросклерозом [10; 11].

Проведение исследования с помощью ТДИ для оценки упруго-эластических свойств грудной аорты проводится в режимах: импульсно-волновой тканевой доплерографии (ИТД), цветового тканевого доплеровского изображения (ЦТДИ), одномерного тканевого доплеровского изображения (М-режим ТДИ) [12; 13].

Комбинация М-режима и ЦДК представляет собой методику, которая используется для оценки «податливости» миокарда левого желудочка. При этом исследуются скорости распространения трансмитрального потока, которые характеризуют диастолическую функцию миокарда. Данную методику возможно использовать и в нисходящем отделе грудной аорты для оценки скорости распространения потока (СРП). В этом случае методика

будет отражать упруго-эластические свойства стенок грудной аорты [14]

Целью исследования явилось повышение информативности ультразвуковой диагностики упруго-эластических свойств грудной аорты у лиц с коронарным атеросклерозом.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 109 пациентов, проходивших обследование и лечение в ГКБ им. С.П. Боткина ДЗ г. Москвы (2016-2019 гг.). По результатам инвазивной коронарографии пациенты разделены на 2 группы: 64 пациента с коронарным атеросклерозом и 45 пациентов без ангиографических признаков коронарного атеросклероза. Критерии включения: пациентами подписана форма информированного согласия; возраст 18 лет и старше; проведение инвазивной коронарографии в течение последних 6 месяцев. Критерии невключения: подтвержденные медицинской документацией осложнения коронарного атеросклероза, диагностированные в соответствии с международными рекомендациями (инфаркт миокарда); предшествующее оперативное лечение атеросклеротического поражения коронарных артерий; электрокардиостимуляция; постоянная форма фибрилляции предсердий; гемодинамически значимые клапанные пороки; неишемические кардиомиопатии; аневризма восходящего отдела аорты (> 45 мм); наличие зон нарушения локальной сократимости в покое; фракция выброса в покое $< 50\%$; врожденные пороки сердца (гемодинамически значимые); предшествующие операции на сердце (за исключением радиочастотной абляции); отсутствие данных инвазивной ангиографии. Одобрение на выполнение работы получено в этическом комитете ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России. Исследование выполнено в соответствии со стандартами и принципами Хельсинкской декларации и надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice).

Трансторакальная эхокардиография (ЭХОКГ) проводилась в М-/В- и доплеровских режимах по стандартной методике на ультразвуковом сканере «VIVID E90» (GE, США), «Aloka prosound alpha 7» (Aloka, Япония) с использованием матричного секторного фазированного датчика 1-4 МГц с синхронной записью мониторного отведения ЭКГ. При ЭХОКГ используются стандартные эхокардиографические позиции.

Исследование восходящего отдела грудной аорты проводилось из модифицированной левой парастернальной позиции, используемой для исследования по длинной оси левого желудочка.

В сочетании М-режима и тканевой цветовой доплерографии измеряется максимальный систолический диаметр восходящего отдела грудной аорты (Дс) и минимальный диастолический диаметр восходящего отдела грудной аорты (Дд) за 3

последовательных сердечных цикла при скорости развертки 50-100 мм/с при параллельной записи ЭКГ с курсором, перпендикулярным к стенке сосуда. За диаметр принимается расстояние между внутренними поверхностями ближней и дальней стенок восходящего отдела грудной аорты. Максимальный систолический диаметр измеряется на границе перехода красного цвета тканевой цветовой доплерографии в синий, что отображает окончание движения и максимальное смещение восходящего отдела грудной аорты. Минимальный диастолический диаметр измеряется на границе перехода синего цвета тканевой цветовой доплерографии в красный, что отображает окончание движения и максимальное смещение восходящего отдела грудной аорты. Измерение диаметра восходящего отдела грудной аорты проводится на участке на 3 см выше фиброзного кольца аортального клапана. Далее, используя полученные значения систолического и диастолического диаметра восходящего отдела грудной аорты, артериального давления, вычисляются стандартные показатели упруго-эластических свойств аорты, предложенные на Первой международной конференции согласия, прошедшей в Париже в 2000 г. под председательством М. Safar и Е. Frohlich [O'Rourke, 2002]: коэффициент растяжимости ($CD = 2\Delta D / D_d \times \text{ПАД}$), коэффициент податливости ($CC = \pi \times (D_c^2 - D_d^2) / 4 \times \text{ПАД}$), модуль эластичности (жесткости) Петерсона ($E_p = \text{ПАД} \times D_d / \Delta D$), индекс жесткости ($SI = \ln(\text{САД} / \text{ДАД}) / [(D_c - D_d) / D_d]$) (рис. 1).

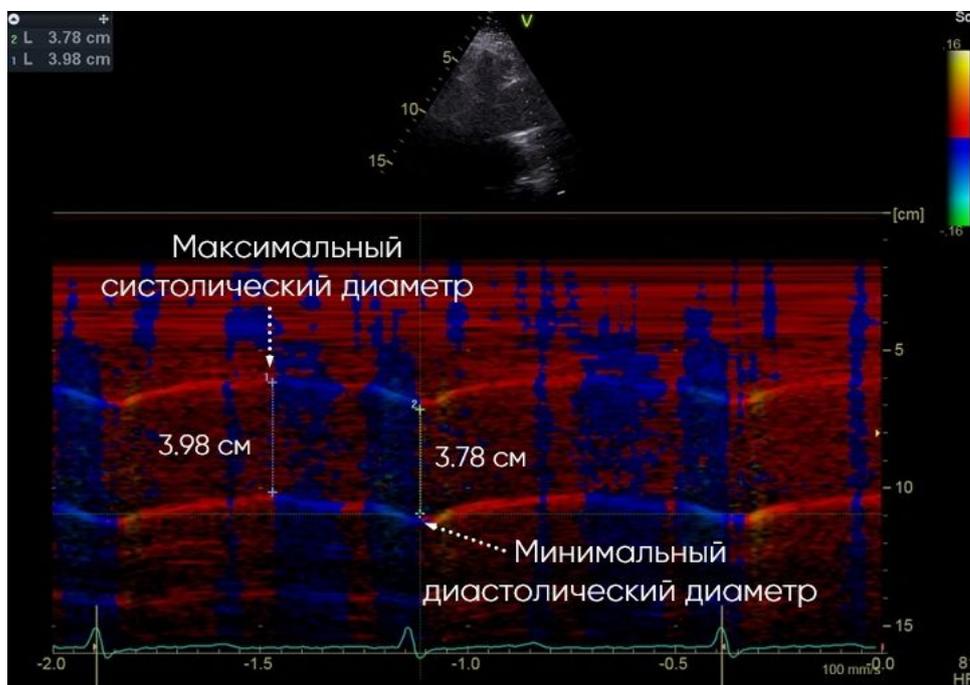


Рис. 1. М-режим ТДИ восходящего отдела аорты. Левая парастернальная позиция по длинной оси на уровне 3 см выше аортального клапана. Метки движения стенок устанавливаются в пограничных точках окрашивания движения стенок к датчику (1) в фазу изометрического расслабления ЛЖ, и от датчика (2) в фазу изометрического сокращения ЛЖ. Диаметр аорты измеряется по внутренним краям стенки

Анализ движения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты проводится в режиме импульсно-волновой тканевой доплерографии с синхронной записью ЭКГ при задержке дыхания пациентом на протяжении 5–10 сердечных циклов. Контрольный объем размещается в области продольного среза восходящего отдела грудной аорты на участке на 3 см дистальнее фиброзного кольца аортального клапана при скорости развертки 50-100 мм/с. Точкой начала отсчета временных фаз считается первый антеградный систолический пик, соответствующий зубцу R ЭКГ. На каждом графике смещения доплеровских частот, отражающем скорости движения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты, должны быть получены и выделены: S - скорость систолического смещения (см/с), А – скорость раннего диастолического смещения (см/с), Е – скорость позднего диастолического смещения (см/с) (рис. 2).

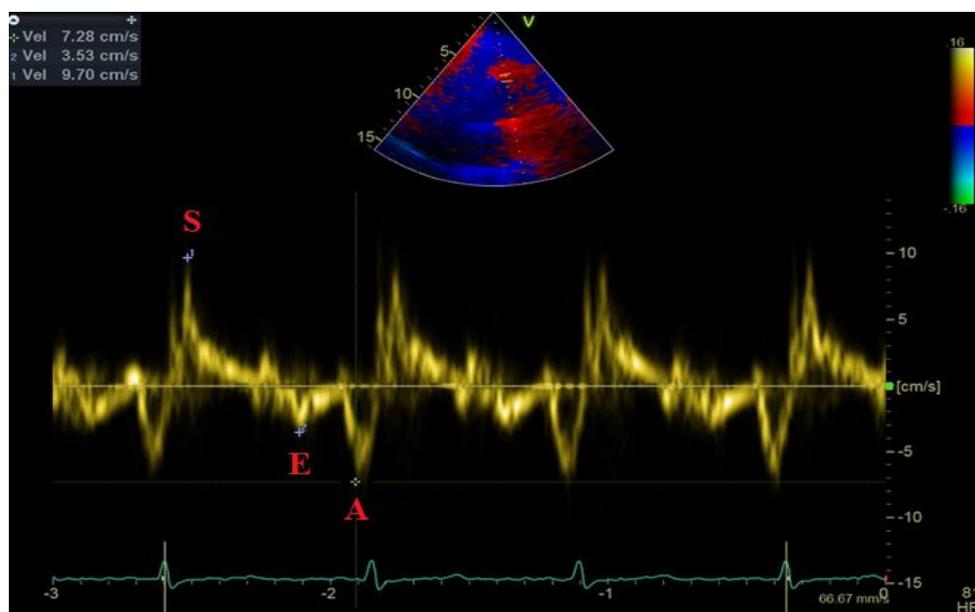


Рис. 2. Левая парастернальная позиция по длинной оси на уровне 3 см выше аортального клапана, ИТД ближней стенки восходящего отдела аорты. S - скорость систолического смещения. E – скорость раннего диастолического смещения. A – скорость позднего диастолического смещения

Исследование потока нисходящего отдела грудной аорты. Для исследования используется стандартная супрастернальная эхокардиографическая позиция.

Курсор М-режима располагается параллельно потоку нисходящего отдела грудной аорты, и в сочетании с цветовым доплеровским картированием производится запись цветовой волны потока, получаемой с помощью элайзинг-эффекта, который достигается путем установки предела Найквиста 30-70 см/с.

Скорость распространения потока в цветовом М-режиме определяется как

отношение расстояния между точками, отображающими начало и конец наклона цветовой волны потока, ко времени между двумя этими точками (рис. 3).

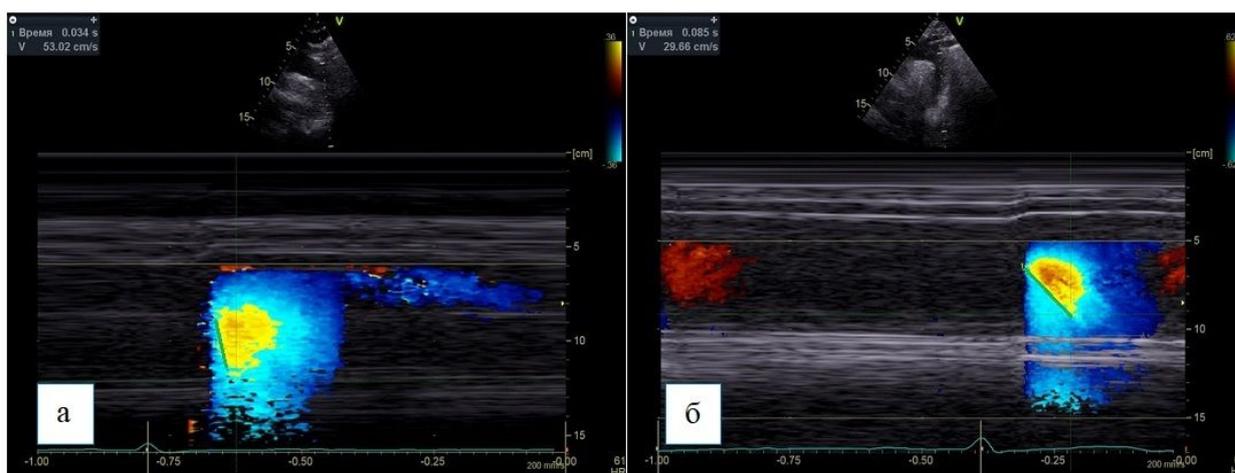


Рис. 3. Супрастернальная позиция, М-ЦДК нисходящего отдела грудной аорты.

Способ определения СРП:

а – пациент без коронарного атеросклероза, СРП – 530 мм/с,

б – пациент с коронарным атеросклерозом, СРП – 296 мм/с

Достоверность различий определялась по t-критерию Стьюдента для независимых выборок. Для определения корреляционных взаимосвязей использовался критерий корреляции рангов Пирсона. Результаты считались достоверными при $p \leq 0,05$. Статистическая обработка полученных данных была проведена с помощью программы Statistica 10.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам импульсно-волновой тканевой доплерографии ближней стенки восходящего отдела грудной аорты выявлено значимое снижение скорости систолического смещения S ($8,13 \pm 2,77$ см/с), скорости раннего диастолического смещения E ($5,07 \pm 1,80$ см/с) в группе пациентов с выявленным коронарным атеросклерозом ($p=0,02$ и $p<0,01$ соответственно). Показатели скорости позднего систолического смещения в сравниваемых группах значимо не отличались ($p=0,41$). В группе пациентов с выявленным коронарным атеросклерозом определялось значимое снижение коэффициента растяжимости ($229,63 \pm 107,21$ мм рт. ст. $\cdot 10^{-1}$) и коэффициента податливости ($158,53 \pm 65,10$ см²·мм рт. ст. $\cdot 10^3$) по сравнению с группой пациентов без выявленного коронарного атеросклероза ($p=0,02$ и $p=0,03$ соответственно). Модуль эластичности (жесткости) Петерсона и индекс жесткости, наоборот, были значимо выше в группе пациентов с выявленным коронарным атеросклерозом ($1048,32 \pm 440,52$ мм рт. ст., $p=0,02$ и $851,845 \pm 383,887$ мм рт. ст., $p=0,01$ соответственно). Выявлено значимое снижение скорости распространения потока

нисходящей аорты в цветовом М-режиме (360 ± 129 мм/с) в группе пациентов с выявленным коронарным атеросклерозом ($p < 0,01$) (таблица).

Сравнительный анализ показателей упруго-эластических свойств грудной аорты в исследуемых группах

	Пациенты с коронарным атеросклерозом, n=64	Пациенты без коронарного атеросклероза, n=45
Коэффициент растяжимости (CD), мм рт. ст. ⁻¹ * 10 ⁻¹	229,63 ± 107,21	283,22 ± 123,66
Коэффициент податливости (CC), см ² * мм рт. ст. ⁻¹ * 10 ³	158,53 ± 65,10	193,26 ± 78,21
Модуль эластичности (жесткости) Петерсона, мм рт. ст.	1048,32 ± 440,52	851,845 ± 383,887
Индекс жесткости	4,53 ± 1,82	3,662 ± 1,647
S (скорость систолического смещения), см/с	8,13 ± 2,77	9,22 ± 2,60
E (скорость раннего диастолического смещения), см/с	5,07 ± 1,80	6,40 ± 1,92
A (скорость позднего диастолического смещения), см/с	8,55 ± 2,57	8,81 ± 2,08
Скорость распространения потока нисходящей аорты в цветовом М-режиме, мм/с	360 ± 129	491 ± 149

Заключение

Импульсно-волновая тканевая доплерография движения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты, скорость распространения потока в нисходящем отделе грудной аорты, оценка функциональных свойств восходящего отдела грудной аорты в режиме тканевой цветовой доплерографии в сочетании с М-режимом являются методами диагностики изменения упруго-эластических свойств грудной аорты у лиц с коронарным атеросклерозом. Снижение скорости движения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты, скорости распространения потока в нисходящем отделе грудной аорты и снижение показателей функциональных свойств восходящего отдела грудной аорты характеризуют изменения упруго-эластических свойств грудной аорты у лиц с коронарным атеросклерозом.

Список литературы

1. Шальнова С.А., Деев А.Д. Ишемическая болезнь сердца в России: распространенность

и лечение (по данным клинико-эпидемиологических исследований) // Терапевтический архив. 2011. №. 1. С. 7-12.

2. Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб. Росстат. 2017. 265 с.
3. Moran A.E., Forouzanfar M.H., Roth G.A., Mensah G.A., Ezzati M., Murray C.J., Naghavi M. Temporal trends in ischemic heart disease mortality in 21 world regions, 1980 to 2010: the Global Burden of Disease 2010 study. *Circulation*. 2014. vol. 129. no. 14. P. 1483-1492.
4. Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., Prescott E., Storey R., Deaton C., Cuisset T., Agewall S., Dickstein K., Edvardsen T., Escaned J., Gersh B., Svitil P., Gilard M., Hasdai D., Hatala R., Mahfoud F., Masip J., Muneretto C., Valgimigli M., Achenbach S., Bax J. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur. Heart J*. 2020. V. 41(3). P. 407-477. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz425.
5. Lewis S.J., Sawada S.G., Ryan T., Segar D.S., Armstrong W.F., Feigenbaum H. Segmental wall motion abnormalities in the absence of clinically documented myocardial infarction: clinical significance and evidence of hibernating myocardium. *American heart journal*. 1991. vol. 121. no. 4. P. 1088-1094.
6. Gatzka C.D., Cameron J.D., Kingwell B.A., Dart A.M. Relation between coronary artery disease, aortic stiffness, and left ventricular structure in a population sample. *Hypertension*. 1998. vol. 32. no. 3. P. 575-578.
7. Oberoi S., Schoepf U.J., Meyer M., Henzler T., Rowe G.W., Costello P., Nance, J.W. Progression of arterial stiffness and coronary atherosclerosis: longitudinal evaluation by cardiac CT. *American journal of roentgenology*. 2013. vol. 200. no. 4. P. 798-804.
8. Stefanadis C., Wooley C.F., Bush C.A., Kolibash A.J., Boudoulas H. Aortic distensibility abnormalities in coronary artery disease. *The American journal of cardiology*. 1987. vol.59. no. 15. P. 1300-1304.
9. Zanolì L., Lentini P., Briet M., Castellino P., House A. A., London G. M. Arterial Stiffness in the Heart Disease of CKD. *Journal of the American Society of Nephrology*. 2019. vol. 30. no. 6. P. 918-928
10. Güngör B., Yılmaz H., Ekmekçi A., Özcan K.S., Tijani M., Alper A.T., Mutluer F.O., Gürkanet U. Aortic stiffness is increased in patients with premature coronary artery disease: a tissue Doppler imaging study. *J. Cardiol*. 2014. vol. 63. no. 3. P. 223–229.
11. Eryol N.K., Topsakal R., Çiçek Y., Abaci A., Oguzhan A., Basar E., Ergin A. Color Doppler tissue imaging in assessing the elastic properties of the aorta and in predicting coronary artery disease. *Jpn. Heart J*. 2002. vol. 43.no. 3. P. 219–230.
12. Воробьев А.С., Зимина В.Ю. Эхокардиография у детей и взрослых: руководство для врачей. М.: СпецЛит, 2015. 560 с.

13. Beresten N.F., Pavochkina E.S., Ozerskaya I.A., Medvedev M.V., Kitaev V.M. Remodeling of Arteries in Arterial Hypertension. New Diagnostic Approaches to Assess the Remodeling of Elastic Arteries. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016. vol. 13. no. 4. P. 2007-2013.
14. Rouska E.G. Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography. Rhythmos. 2013. vol. 8. no. 1. P. 4-16.