

Возрастные и гендерные особенности упруго-эластических свойств грудной аорты у пациентов с коронарным атеросклерозом

И. Н. Мушкамбаров¹, Н. Ф. Берестень², С. Б. Ткаченко²

¹ГКБ им. С. П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

РЕЗЮМЕ

Введение. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) удерживает лидирующие позиции в структуре причин общей смертности и в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Мы расширили стандартную эхокардиографию (ЭхоКГ) оценкой упруго-эластических свойств грудной аорты для выделения маркеров ассоциированного с коронарным атеросклерозом ухудшения упруго-эластических свойств грудной аорты. При анализе данных мы выявили одну из основных причин расхождения результатов предыдущих исследований — разную клиническую характеристику участников исследований, что определило необходимость выделения возрастных и гендерных особенностей показателей.

Цель. Проанализировать возрастные и гендерные особенности упруго-эластических свойств грудного отдела аорты у пациентов с коронарным атеросклерозом.

Методы. Проведено наблюдательное аналитическое поперечное клиническое исследование в период с 2016 по 2019 г. В исследование включено 109 пациентов в возрасте от 39 до 82 лет (средний возраст 65 ± 9 лет, медиана 66 лет), которые разделены на 2 группы по результатам инвазивной коронарографии: 64 пациента с коронарным атеросклерозом и 45 пациентов без ангиографических признаков коронарного атеросклероза. В группе с коронарным атеросклерозом средний возраст 66 ± 8 лет (медиана 66 лет). В группе без коронарного атеросклероза средний возраст 64 ± 9 лет (медиана 66 лет). С помощью трансторакальной ЭхоКГ получены: коэффициент растяжимости, коэффициент податливости, модуль эластичности (жесткости) Петерсона, индекс жесткости восходящего отдела грудной аорты; скорость систолического смещения S, скорость раннего диастолического смещения E, скорость позднего диастолического смещения A ближней стенки восходящего отдела аорты, показатели скорости распространения потока нисходящей аорты. Проведен сравнительный анализ показателей по возрастному и гендерному признакам.

Результаты. Повышение индекса жесткости восходящего отдела грудной аорты, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит в возрастной группе 39–66 лет; снижение коэффициентов растяжимости и податливости, повышение модуля эластичности (жесткости) Петерсона восходящего отдела грудной аорты — в возрастной группе 67–82 лет. Снижение скорости E ближней стенки восходящего отдела грудной аорты и СРП, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит независимо от принадлежности к возрастной группе, снижение скорости S — в возрастной группе 39–66 лет. Снижение коэффициента податливости восходящего отдела грудной аорты, скорости S ближней стенки восходящего отдела грудной аорты, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит только у мужчин, повышение индекса жесткости — только у женщин. Снижение коэффициента растяжимости, повышение модуля эластичности (жесткости) Петерсона, снижение скорости E, снижение СРП, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит независимо от гендерного признака.

Заключение. Ухудшение оцененных с помощью эхокардиографических технологий упруго-эластических свойств грудной аорты у лиц с коронарным атеросклерозом зависит от гендерных и возрастных факторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эхокардиография, упруго-эластические свойства, грудная аорта, тканевой доплер, коронарный атеросклероз, возрастной фактор, гендерный фактор.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы статьи сообщают о возможном конфликте интересов.

Age and gender characteristics of thoracic aorta elasticity indices in patients with coronary atherosclerosis

I. N. Mushkambarov¹, N. F. Beresten², S. B. Tkachenko²

¹Botkin Hospital

²Russian Medical Academy of Postgraduate Education

SUMMARY

Background. Ischemic heart disease (CHD) holds a leading position in the structure of causes of general mortality and in the structure of mortality from cardiovascular diseases. We extended the standard echocardiography with assessment of thoracic aorta elasticity to identify markers of the thoracic aorta elasticity worsen associated with coronary atherosclerosis. When analyzing the data, we identified different clinical characteristics of study participants as one of the main reasons for the difficulty in comparing the data with the results of previous studies, which made it necessary to highlight age and gender characteristics of indicators.

Aim. To analyze age and gender characteristics of thoracic aorta elasticity indices in patients with coronary atherosclerosis.

Material and methods. An observational analytical cross-sectional clinical trial was conducted from 2016 to 2019. Our study included 109 patients aged 39 to 82 years (mean age 65 ± 9 years, median 66 years), who were divided into 2 groups according to the results of invasive coronarography: 64 patients with coronary atherosclerosis and 45 patients without angiographic signs of coronary atherosclerosis. In the group with coronary atherosclerosis average age was 66 ± 8 years (median 66 years). In the group without coronary atherosclerosis average age was 64 ± 9 years (median 66 years). During transthoracic echocardiography, the following were obtained: coefficient of distensibility, compliance coefficient, elasticity (stiffness) module of Peterson, stiffness index of the ascending thoracic aorta; systolic velocity S, early diastolic velocity E, late diastolic velocity A of the near wall of the ascending aorta, flow velocity propagation (FVP) of the descending thoracic. Analysis of age and gender characteristics of thoracic aorta elasticity indices in patients with coronary atherosclerosis was done.

Results. An increase in the stiffness index of the ascending thoracic aorta associated with coronary atherosclerosis occurs in the age group 39–66 years, a decrease in the coefficients of extensibility and compliance, an increase in Peterson's modulus of elasticity (stiffness) of the as-

ending thoracic aorta — in the age group 67–82 years. A decrease in the E velocity of the near wall of the ascending thoracic aorta and FVP, associated with coronary atherosclerosis, occurs regardless of belonging to the age group, a decrease in the S velocity — in the age group 39–66 years. A decrease in the compliance coefficient of the ascending thoracic aorta, velocity S of the near wall of the ascending thoracic aorta, associated with coronary atherosclerosis, occurs only in men, an increase in the stiffness index — only in women. A decrease in the extensibility coefficient, an increase in the Peterson's modulus of elasticity (stiffness), a decrease in the E velocity, and a decrease in CRP associated with coronary atherosclerosis occur regardless of gender.

Conclusion. Worsening of the thoracic aorta elasticity in patients with coronary atherosclerosis, assessed using echocardiographic technologies, depends on gender and age.

KEYWORDS: echocardiography, elasticity, thoracic aorta, tissue doppler, coronary atherosclerosis, age factor, gender factor.

CONFLICT OF INTEREST. The authors of the article report a possible conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) все еще удерживает лидирующие позиции не только в структуре причин общей смертности, но и в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. В России смертность от хронической ИБС превышает смертность от ее осложнений [1]. Используемые в настоящее время методы диагностики ИБС имеют ряд ограничений в возможности их применения, информативности и доступности. Инвазивная ангиография по сей день нередко используется как «золотой стандарт» диагностики ИБС [2]. Исследование упруго-эластических свойств грудной аорты в контексте ишемической болезни сердца является актуальным направлением в силу того, что в настоящее время накоплены сведения о взаимосвязи степени ухудшения упруго-эластических свойств грудной аорты с атеросклеротическим поражением коронарных артерий [3, 4, 5].

Наиболее распространенным показателем упруго-эластических свойств артерий является скорость распространения пульсовой волны (СРПВ). Однако статистические данные об использовании в Российской Федерации методик для оценки СРПВ у пациентов с коронарным атеросклерозом отсутствуют. В свою очередь, эхокардиография (ЭхоКГ), как представитель ультразвуковых технологий, является распространенным и почти повсеместно доступным методом исследования. В нашем исследовании мы расширили стандартную ЭхоКГ оценкой упруго-эластических свойств грудной аорты.

Данное исследование проходило в контексте работы по повышению эффективности эхокардиографии у пациентов с коронарным атероскле-

розом [6]. При анализе данных нами была выявлена трудность в сравнении как с результатами предыдущих исследований, так и в сравнении результатов предыдущих исследований между собой. Одной из причин являлись различия в клинической характеристике участников. Исходя из этого, возникла необходимость проанализировать возрастные и гендерные особенности показателей для более точного выделения маркеров ассоциированного с коронарным атеросклерозом ухудшения упруго-эластических свойств грудной аорты.

Упруго-эластические свойства грудной аорты в работе исследовались по трем направлениям: стандартные локальные показатели упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты (коэффициент растяжимости, коэффициент податливости, индекс эластичности (жесткости) Петерсона, индекс жесткости), скоростные показатели движения ближней стенки восходящего отдела аорты (S — систолическое смещение, E — раннее диастолическое смещение, A — позднее диастолическое смещение), скорость распространения потока в нисходящей аорте, оцененная с помощью цветового M-режима.

Цель исследования — проанализировать возрастные и гендерные особенности упруго-эластических свойств грудного отдела аорты у пациентов с коронарным атеросклерозом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было проведено обсервационное аналитическое поперечное клиническое исследование на базе отделений кардиохирургии и ультразвуковой диагностики ГКБ им. С.П. Боткина ДЗ г. Москвы в период с 2016 по 2019 г. В него были включены данные 109 па-

циентов отделения кардиохирургии, которым была проведена диагностическая коронарография. Также всем участникам исследования проведена эхокардиография с оценкой упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты.

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; анамнестические данные о перенесенном гломерулонефрите, наследственном заболевании почек, мальформации, аутоиммунном заболевании с поражением почек, повторяющихся мочевых инфекциях, обструктивном нарушении уродинамики; прием препаратов, снижающих СКФ; сахарный диабет, диагностированный до поступления в стационар.

Всем пациентам была проведена стандартная трансторакальная эхокардиография, дополненная оценкой

локальных упруго-эластических свойств грудной аорты по трем направлениям: оценка стандартных локальных упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты, оценка скоростей движения ближней стенки восходящего отдела аорты, оценка скорости распространения потока в нисходящей аорте.

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

Оценка и расчет стандартных локальных показателей упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты

Исследования восходящего отдела грудной аорты проводилось из модифицированной левой парастеральной позиции, используемой для исследования по длинной оси левого желудочка. Модифицированной левой парастеральной позицией называется позиция на одно межреберье выше стандартной парастеральной позиции 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 (рис. 1).

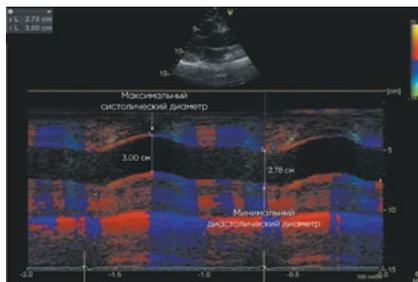


Рисунок 1. Измерение максимального систолического и минимального диастолического диаметров. Восходящий отдел грудной аорты 3 см над уровнем аортального клапана (модифицированная парастеральная позиция по длинной оси)

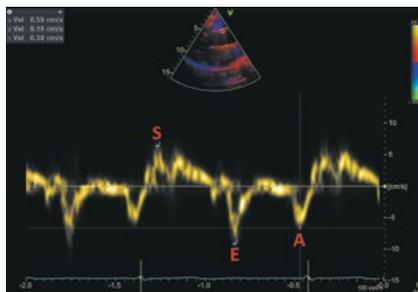


Рисунок 2. Измерение пиковых скоростей волн S, E и A. Восходящий отдел грудной аорты 3 см над уровнем аортального клапана (модифицированная парастеральная позиция по длинной оси)

Используя полученные значения систолического и диастолического диаметра восходящего отдела грудной аорты, артериального давления, вычислялись стандартные показатели упруго-эластических свойств аорты, предложенные на Первой международной конференции согласия, прошедшей в Париже в 2000 г. под председательством М. Safar и E. Frohlich [8]: 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 ($SI = \ln(\text{САД} / \text{ДАД}) / [(D_c - D_d) / D_d]$).

Оценка показателей движения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты

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 скорость 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).

Оценка скорости распространения потока в нисходящей аорте

Для исследования используется стандартная супрастеральная 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 м/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).

У всех пациентов непосредственно перед эхокардиографией оценивался уровень клинического систолического артериального давления (САД), диастолического артериального давления (ДАД), определяемый по методу Короткова сфигманометром на плечевой артерии, в положении

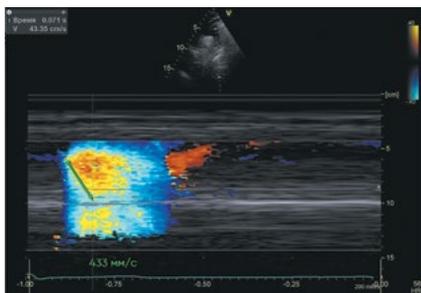


Рисунок 3. Измерение скорости распространения потока в цветовом М-режиме. Нисходящий отдел грудной аорты (супрастернальная позиция)

ся, трижды, с интервалом 1 минута, учитывалось среднее значение АД. Далее рассчитывался уровень пульсового артериального давления (ПАД) по формуле $ПАД = САД - ДАД$.

Пациенты разделены на 2 группы по результатам инвазивной коронарографии: 64 пациента с коронарным атеросклерозом и 45 пациентов без ангиографических признаков коронарного атеросклероза.

Для достижения достоверности сравнения и равномерности распределения возрастные группы были сформированы на основании медианы, минимальных и максимальных значений в исследованных группах 1 и 2 и имели возрастную градацию 39–66 лет и 67–82 года.

Влияние медикаментозной терапии на показатели упруго-эластических свойств грудной аорты не было предметом настоящего исследования, так как формат поперечного клинического исследования не позволяет выявлять медикаментозные влияния. Однако в нашем исследовании, по аналогии с нагрузочными тестами для верификации ИБС, перед проведением эхокардиографии пациенты выдерживали временной интервал без терапии.

Данные эхокардиографии, коронарографии, лабораторные данные вносились в регистр пациентов, который велся в программе Microsoft Excel. Расчет показателей упруго-эластических свойств также осуществлялся с помощью программы Microsoft Excel.

Одобрение на выполнение работы получено в этическом комитете ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профес-

сионального образования» Минздрава России (протокол №6 от 13.07.2018). Исследование выполнено в соответствии со стандартами и принципами Хельсинкской декларации и надлежащей клинической практикой (Good Clinical Practice). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Обработка полученных данных проводилась с использованием программы Statistica (версии 12.0, StatSoft Inc., США). Ввиду неподтверждения гипотезы о нормальном распределении для выявления корреляционных связей применялся коэффициент корреляции Спирмена. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего было обследовано 109 пациентов, 50 женщин (46%) и 59 мужчин (54%), в возрасте от 39 лет до 82 лет (средний возраст 65 ± 9 лет, медиана 66 лет).

В группе 1 из 64 пациентов: 41 мужчина (64%) и 23 женщины (36%). Средний возраст всей группы 66 ± 8 лет (медиана 66 лет), средний возраст мужчин в группе 65 ± 8 лет (медиана 65 лет), средний возраст

женщин в группе 67 ± 8 лет (медиана 68 лет). Среднее САД 130 ± 16 мм рт. ст., среднее ДАД 76 ± 9 мм рт. ст., среднее ПАД 55 ± 14 мм рт. ст., средняя ППТ $1,98 \pm 0,18$ м².

В группе 2 из 45 пациентов: 18 мужчин (40%) и 27 женщин (60%). Средний возраст всей группы 64 ± 9 лет (медиана 66 лет), средний возраст мужчин 60 ± 11 лет (62 года), средний возраст женщин 66 ± 7 лет (медиана 67 лет). Среднее САД 130 ± 8 мм рт. ст., среднее ДАД 77 ± 8 мм рт. ст., среднее ПАД 54 ± 12 мм рт. ст., средняя ППТ $1,93 \pm 0,21$ м².

Графический анализ стандартных локальных показателей упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты по возрастному признаку представлен на рисунке № 4.

В возрастной группе 39–66 лет у пациентов с коронарным атеросклерозом по сравнению с пациентами без коронарного атеросклероза достоверно выше был индекс жесткости ($3,85 \pm 1,57$, $p=0,03$), достоверно ниже были скорость раннего диастолического смещения E ($5,53 \pm 2,09$ см/с, $p=0,03$), скорость систолического смещения S ($8,45 \pm 3,30$ см/с, $p=0,03$), скорость распространения *показатель* СРП (357 ± 123 мм/с, $p<0,01$). Показатели коэффициента растяжимости, коэффициента податливости,

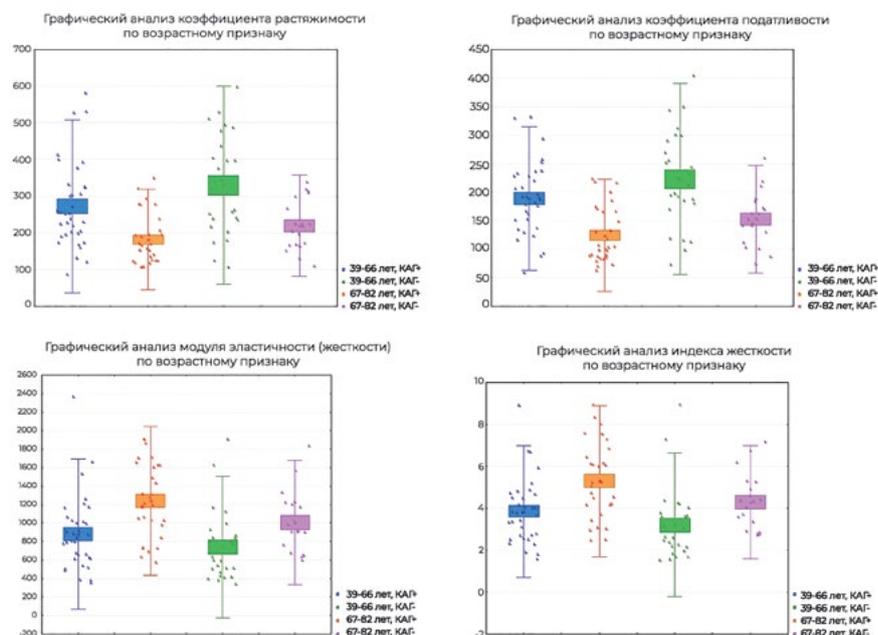


Рисунок 4. Графический анализ стандартных локальных показателей упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты по возрастному признаку

модуля эластичности (жесткости) Петерсона, скорости позднего диастолического смещения А достоверно не различались ($p=0,07$, $p=0,10$, $p=0,07$, $p=0,45$).

Графический анализ скоростей смещения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты и показателя СРП нисходящего отдела грудной аорты по возрастному признаку представлен на рисунке № 5.

В возрастной группе 67–82 лет у пациентов с коронарным атеросклерозом по сравнению с пациентами без коронарного атеросклероза были достоверно ниже коэффициент растяжимости ($181,94 \pm 68,66$ мм рт. ст. $\cdot 10^{-1}$, $p=0,042$), коэффициент податливости ($124,17 \pm 49,14$ см \cdot мм рт. ст. $\cdot 10^3$, $p=0,047$), скорость раннего диастолического смещения Е ($4,55 \pm 1,24$ см/с, $p=0,02$), показатель СРП (363 ± 137 , $p < 0,01$), а модуль эластичности (жесткости) Петерсона был достоверно выше ($1238,76 \pm 403,62$ мм рт. ст., $p=0,042$).

Индекс жесткости, скорости систолического смещения S и позднего диастолического смещения А у пациентов разных групп в возрасте 67–82 лет значимо не различались ($p=0,06$, $p=0,47$, $p=0,77$) (табл. 1).

В группе пациентов с коронарным атеросклерозом, в зависимости

Таблица 1
Сравнительный анализ упруго-эластических свойств грудного отдела аорты пациентов разных групп по возрастному признаку ($M \pm SD$)

Показатели	Гр. 1	Гр. 2	p	Гр. 1	Гр. 2	p
	39–66 лет	39–66 лет		67–82 года	67–82 года	
	n=34	n=26		n=30	n=19	
CD, мм рт. ст. $\cdot 10^{-1}$	271,72 ± 117,93	329,53 ± 87,57	0,07	181,94 ± 68,66	219,85 ± 68,90	0,042
СС, см \cdot мм рт. ст. $\cdot 10^3$	188,84 ± 62,84	222,82 ± 83,65	0,10	124,17 ± 49,14	152,82 ± 47,40	0,047
Ер, мм рт. ст.	880,28 ± 406,50	740,40 ± 383,52	0,07	1238,76 ± 403,62	1004,35 ± 336,84	0,042
SI	3,85 ± 1,57	3,20 ± 1,71	0,03	5,30 ± 1,80	4,29 ± 1,35	0,06
S, см/с	8,45 ± 3,30	9,75 ± 2,79	0,03	7,77 ± 2,00	8,48 ± 2,19	0,47
E, см/с	5,53 ± 2,09	6,98 ± 1,90	0,03	4,55 ± 1,24	5,60 ± 1,66	0,02
A, см/с	9,15 ± 2,98	9,20 ± 2,24	0,45	7,87 ± 1,83	8,28 ± 1,77	0,77
S, см/с	8,45 ± 3,30	9,75 ± 2,79	0,03	7,77 ± 2,00	8,48 ± 2,19	0,47
СРП, мм/с	357 ± 123	363 ± 137	0,93	526 ± 167	442 ± 107	0,11

от возраста, значимо различались все стандартные показатели упруго-эластических свойств грудного отдела аорты и скорость Е. В возрастной группе 67–82 лет по сравнению с возрастной группой 39–66 лет значимо ниже были коэффициенты растяжимости и податливости, скорость Е ($181,94 \pm 68,66$ мм рт. ст. $\cdot 10^{-1}$, $p=0,0003$; $124,17 \pm 49,14$ см \cdot мм рт. ст. $\cdot 10^3$, $p=0,00005$; $4,55 \pm 1,24$ см/с, $p=0,03$), модуль эластичности (жесткости) Петерсона и индекс жесткости были значимо выше

($1238,76 \pm 403,62$ мм рт. ст., $p=0,0003$; $5,30 \pm 1,80$, $p=0,001$).

В группе пациентов без коронарного атеросклероза, также в зависимости от возраста, различались все стандартные показатели упруго-эластических свойств грудного отдела аорты и скорость Е. В возрастной группе 67–82 лет по сравнению с возрастной группой 39–66 лет значимо ниже были коэффициенты растяжимости и податливости, скорость Е ($219,85 \pm 68,90$ мм рт. ст. $\cdot 10^{-1}$, $p=0,003$; $152,82 \pm 47,40$ см \cdot мм рт. ст. $\cdot 10^3$, $p=0,002$; $5,60 \pm 1,66$ см/с, $p=0,025$), модуль эластичности (жесткости) Петерсона и индекс жесткости были значимо выше ($1004,35 \pm 336,84$ мм рт. ст., $p=0,003$; $4,29 \pm 1,35$, $p=0,003$) (табл. 2).

При анализе по гендерному признаку показатели движения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты по данным импульсно-волновой тканевой доплерографии, стандартные показатели упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты, показатели СРП внутри одной группы значимо не различались (табл. 3).

Графический анализ стандартных локальных показателей упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты по гендерному признаку представлен на рисунке 6.

У мужчин из группы с выявленным коронарным атеросклерозом значимо ниже были коэффициент

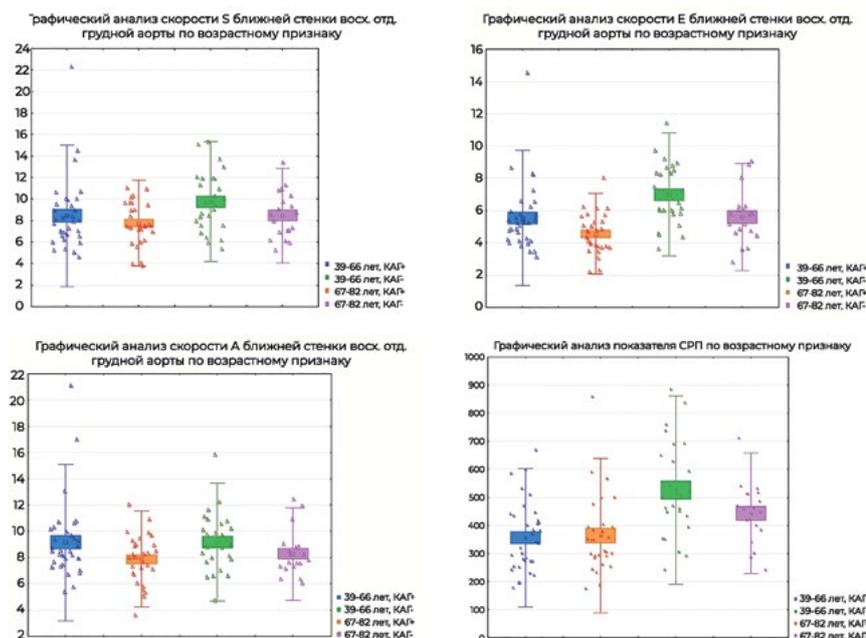


Рисунок 5. Графический анализ скоростей смещения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты и показателя СРП нисходящего отдела грудной аорты по возрастному признаку.

Таблица 2

Сравнительный анализ показателей упруго-эластических свойств грудного отдела аорты пациентов одной группы по возрастному признаку (M±SD)

Показатели	Гр. 1		p	Гр. 2		p
	39–66 лет	67–82 года		39–66 лет	67–82 года	
	n=34	n=30		n=26	n=19	
CD, мм рт. ст. ⁻¹ *10 ⁻¹	271,72±117,93	181,94±68,66	0,0003	329,53±87,57	219,85±68,90	0,003
СС, см *мм рт. ст. ⁻¹ *10 ³	188,84±62,84	124,17±49,14	0,00005	222,82±83,65	152,82±47,40	0,002
Ер, мм рт. ст.	880,28±406,50	1238,76±403,62	0,0003	740,40±383,52	1004,35±336,84	0,003
SI	3,85±1,57	5,30±1,80	0,001	3,20±1,71	4,29±1,35	0,003
S, см/с	8,45±3,30	7,77±2,00	0,13	9,75±2,79	8,48±2,19	0,13
E, см/с	5,53±2,09	4,55±1,24	0,03	6,98±1,90	5,60±1,66	0,025
A, см/с	9,15±2,98	7,87±1,83	0,10	9,20±2,24	8,28±1,77	0,10
СРП, мм/с	357±123	363±137	0,93	526±167	442±107	0,11

Таблица 3

Сравнительный анализ показателей упруго-эластических свойств грудного отдела аорты у мужчин и женщин внутри исследованных групп (M±SD)

Показатели	Гр. 1 n=64		p	Гр. 2 n=45		p
	муж.	жен.		муж.	жен.	
	n=41	n=23		n=18	n=27	
CD, мм рт. ст. ⁻¹ *10 ⁻¹	233,23±108,98	223,22±106,07	0,62	291,20±129,98	277,91±121,48	0,76
СС, см *мм рт. ст. ⁻¹ *10 ³	165,32±59,82	146,42±73,42	0,18	213,53±73,32	179,75±79,76	0,10
Ер, мм рт. ст.	1036,87±453,11	1068,22±426,30	0,62	825,67±375,23	869,30±395,65	0,75
SI	4,46±1,86	4,65±1,77	0,56	3,51±1,51	3,76±1,75	0,69
S, см/с	8,25±3,27	7,91±1,57	0,78	9,97±2,56	8,72±2,56	0,11
E, см/с	5,07±2,03	5,08±1,34	0,45	6,78±2,11	6,14±1,77	0,39
A, см/с	8,88±2,20	7,97±1,71	0,45	9,46±2,18	8,37±1,93	0,07
СРП, мм/с	360±120	361±147	0,81	513±144	477±155	0,40

податливости, скорость S, скорость E, показатель СРП (165,32±59,82 см *мм рт. ст.⁻¹ *10³, p=0,01; 8,25±3,27 см/с, p=0,01; 5,07±2,03 см/с, p=0,001; 360±120 мм/с, p<0,01). У женщин из группы с выявленным коронарным атеросклерозом индекс жесткости был значимо выше (4,46±1,86, p=0,047), скорость E и показатель СРП были значимо ниже (5,08±1,34 см/с, p=0,04; 361±147 мм/с, p<0,01 (табл. 4).

Графический анализ скоростей смещения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты и показателя СРП нисходящего отдела грудной аорты по гендерному признаку представлен на рисунке 7.

Как упомянуто выше, рядом иностранных авторов были проведены исследования с использованием ЭхоКГ для оценки показателей упруго-эластических свойств грудной

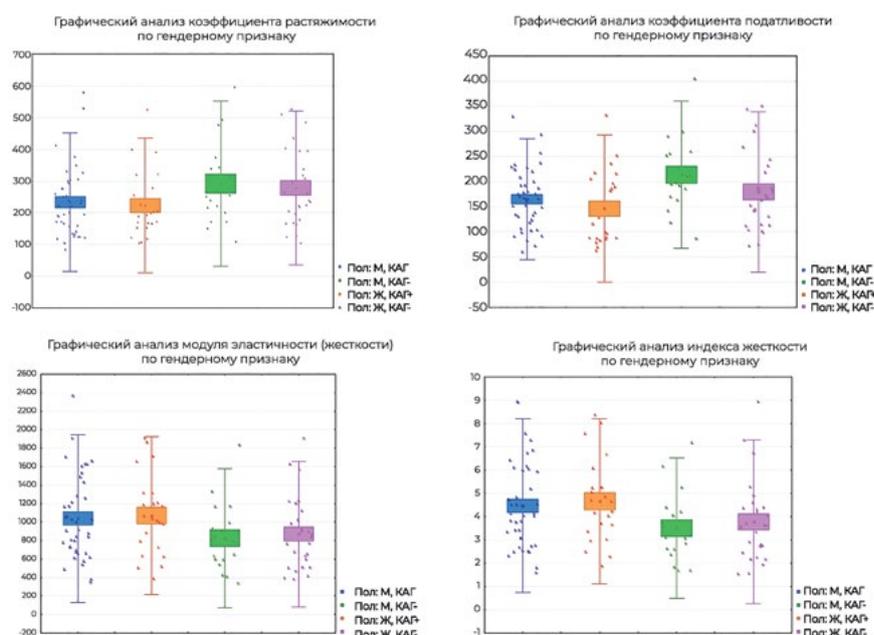


Рисунок 6. Графический анализ стандартных локальных показателей упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты по гендерному признаку

Таблица 4
Сравнительный анализ показателей упруго-эластических свойств грудного отдела аорты у мужчин из разных групп и женщин из разных групп (M±SD)

Показатели	Гр. 1	Гр. 2	p	Гр. 1	Гр. 2	p
	n=64	n=45		n=64	n=45	
	муж.	муж.		жен.	жен.	
CD, мм рт. ст. ⁻¹ *10 ⁻¹	233,23±108,98	291,20±129,98	0,08	223,22±106,07	277,91±121,48	0,08
СС, см *мм рт. ст. ⁻¹ *10 ³	165,32±59,82	213,53±73,32	0,01	146,42±73,42	179,75±79,76	0,12
Ер, мм рт. ст.	1036,87±453,11	825,67±375,23	0,08	1068,22±426,30	869,30±395,65	0,08
SI	4,46±1,86	3,51±1,51	0,07	4,65±1,77	3,76±1,75	0,047
S, см/с	8,25±3,27	9,97±2,56	0,01	7,91±1,57	8,72±2,56	0,42
E, см/с	5,07±2,03	6,78±2,11	0,001	5,08±1,34	6,14±1,77	0,04
A, см/с	8,88±2,20	9,46±2,18	0,13	7,97±1,71	8,37±1,93	0,86
СРП, мм/с	360±120	513±144	<0,01	361±147	477±155	<0,01

аорты. В них авторы использовали стандартный М-режим для оценки диаметров восходящего отдела грудной аорты, необходимых для расчета показателей [9, 10, 11, 12]. Однако результаты указанных исследований оказались трудно сопоставимы как с нашими результатами, так и между собой по следующим причинам: 1) использовано разное количество показателей; 2) различаются значения одинаковых показателей; 3) различаются показатели, ассоциированные с коронарным атеросклерозом. Различия оказались связаны, во-первых, с клинической характеристикой участников исследований, во-вторых, с критериями для отбора в группы. Stefanadis С. и соавт. исследовали только мужчин в возрасте от 40 до 50 лет (средний возраст 46±4 года). Критерием для отбора в группу с коронарным атеросклерозом являлось наличие стеноза >70% по данным инвазивной коронарографии. Критерием для отбора в группу без коронарного атеросклероза — отсутствие признаков стеноза >70% по данным инвазивной коронарографии. В исследование Gatzka С.Д. и соавт. были включены мужчины и женщины со средним возрастом в группах 62±1 и 63±1 год соответственно. Критерием для отбора в группу с коронарным атеросклерозом являлась положительная ЭКГ-проба с нагрузкой; критерием для отбора в группу без коронарного атеросклероза — отрицательная ЭКГ-проба с нагрузкой. Eguol N.К.

и соавт. исследовали и мужчин, и женщин со средним возрастом в группах 54±10 и 53±1 год соответственно. Критерием для отбора в группу с коронарным атеросклерозом являлось наличие «критического или некритического поражения коронарных артерий» по данным инвазивной коронарографии; критерием для отбора в группу без коронарного атеросклероза — отсутствие «критического или некритического поражения коронарных артерий» по данным инвазивной коронарографии. Varis Güngör и соавт. исследовали и мужчин, и женщин в возрасте до 40 лет

со средним возрастом в группах 35±3,6 и 34,1±3,9 года соответственно. Критерием для отбора в группу с коронарным атеросклерозом являлось наличие стеноза >50% в одной из основных коронарных артерий по данным инвазивной коронарографии; критерием для отбора в группу без коронарного атеросклероза — отсутствие признаков ИБС по данным физикального осмотра, ЭКГ покоя и ЭхоКГ покоя. Исходя из вышеизложенного, проведение сравнительного анализа по возрастному и гендерному признакам было необходимо для более четкой характеристики маркеров ассоциированного с атеросклерозом ухудшения стандартных локальных упруго-эластических свойств восходящего отдела грудной аорты.

По результатам исследования нами сформулировано 2 основных вывода:

1. Повышение индекса жесткости восходящего отдела грудной аорты, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит в возрастной группе 39–66 лет; снижение коэффициентов растяжимости и податливости, повышение модуля эластичности (жесткости) Петерсона восходящего отдела грудной аорты — в возрастной группе 67–82 лет. Снижение скорости E ближней стенки восходящего отдела грудной

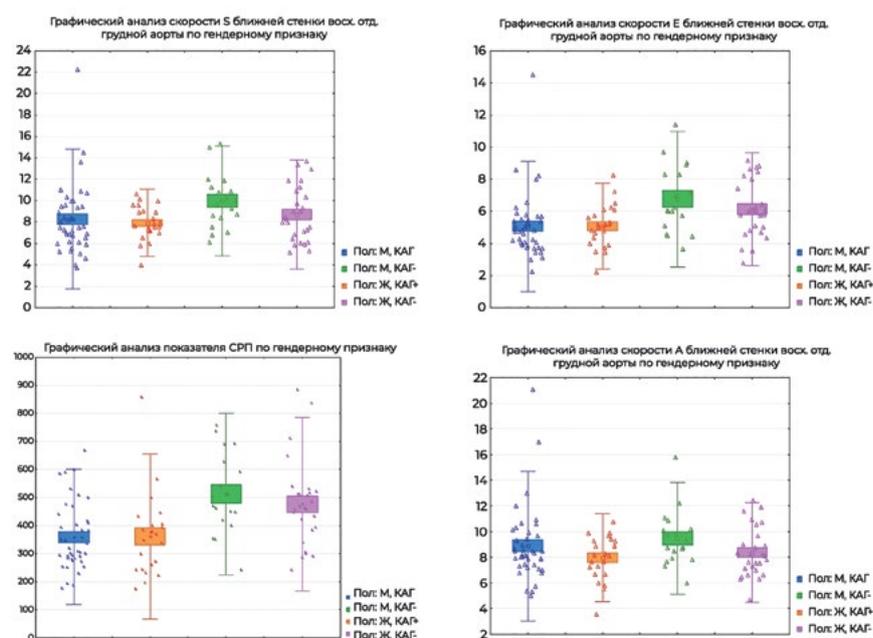


Рисунок 7. Графический анализ скоростей смещения ближней стенки восходящего отдела грудной аорты и показателя СРП нисходящего отдела грудной аорты по гендерному признаку

ной аорты и СРП, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит независимо от принадлежности к возрастной группе, снижение скорости S — в возрастной группе 39–66 лет.

2. Снижение коэффициента податливости восходящего отдела грудной аорты, скорости S ближней стенки восходящего отдела грудной аорты, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит только у мужчин, повышение индекса жесткости — только у женщин. Снижение коэффициента растяжимости, повышение модуля эластичности (жесткости) Петерсона, снижение скорости E, снижение СРП, ассоциированное с коронарным атеросклерозом, происходит независимо от гендерного признака. Дизайн поперечного клинического исследования позволяет нам установить ассоциированность, но не позволяет установить причинно-следственную связь между ухудшением локальных упруго-эластических свойств грудного отдела аорты, возрастом и полом. Также исследование не может рекомендовать использование в клинической практике данных показателей локальных упруго-эластических свойств грудной аорты для диагностики коронарного атеросклероза, однако данные показатели могут использоваться для оценки риска наличия коронарного атеросклероза с учетом возрастных и гендерных особенностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ухудшение оцененных с помощью эхокардиографических технологий упруго-эластических свойств грудной

аорты у лиц с коронарным атеросклерозом зависит от гендерных и возрастных факторов. Учет данных факторов позволяет более селективно выделять ухудшения показателей упруго-эластических свойств грудного отдела аорты, являющиеся маркером повышения риска наличия коронарного атеросклероза, что ввиду широкой доступности эхокардиографических технологий повысит качество диагностики пациентов с коронарным атеросклерозом.

Список литературы / References

1. Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб. / Росстат. — М., 2017. — 265 с.
2. Knuuti J. et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes // *European heart journal*. — 2019.
3. Güngör B., Yılmaz H., Ekmekçi A., Özcan K.S., Tijani M., Osmonov D. Aortic stiffness is increased in patients with premature coronary artery disease: a tissue Doppler imaging study. 2014; *Journal of cardiology*, 63(3):223-229.
4. Fukuda D., Yoshiyama M., Shimada K., Yamashita H., Ehara S., Nakamura Y. & Yoshikawa J. Relation between aortic stiffness and coronary flow reserve in patients with coronary artery disease. 2006; *Heart*, 92(6):759-762.
5. Chung C.M., Tseng Y.H., Lin Y.S., Hsu J.T., Wang P.C. Association of brachial-ankle pulse wave velocity with atherosclerosis and presence of coronary artery disease in older patients // *ClinIntervAging*. — 2015. — N. 10. — P. 1369-1375.
6. Мушкамбаров И.Н., Берестень Н.Ф., Ткаченко С.Б., Романов С.Н., Колесников В.Н. Современные возможности эхокардиографии в обследовании пациентов с ишемической болезнью сердца. Современные проблемы науки и образования. 2020. 2 [Интернет]. Доступно на <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29600> Mushkambarov IN, Beresten NF, Tkachenko SB, Romanov SN, Kolesnikov VN. Modern Opportunities of echocardiography in the examination of patients with coronary heart disease. *Modern problems of science and education*. 2020.2 [Internet]. Available from <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29600>. Russian.
7. Отто К. Клиническая эхокардиография: практическое руководство. Пер. с англ. Галагузы М.М., Домницкой Т.М., Зеленикина М.М., Кулагиной Т.Б., Никифорова В.С., Сандрикова В.А., ред. М.: Логосфера. 2019. 1352 с. Otto C. *Practice of Clinical Echocardiography*. 5th edition. Elsevier; 2017. 1024 p.
8. O'Rourke M.F., Staessen J.A., Vlachopoulos C., Duprez D. Clinical applications of arterial stiffness; definitions and reference values. *American journal of hypertension*. 2002. 15(5):426-44.

9. Stefanadis C. et al. Distensibility of the ascending aorta: comparison of invasive and non-invasive techniques in healthy men and in men with coronary artery disease // *European Heart Journal*. — 1990. — V. 11. — N. 11. — P. 990-996.
10. Gatzka C.D. et al. Relation between coronary artery disease, aortic stiffness, and left ventricular structure in a population sample // *Hypertension*. — 1998. — V. 32. — N. 3. — P. 575-578.
11. Eryol N.K. et al. Color Doppler tissue imaging in assessing the elastic properties of the aorta and in predicting coronary artery disease. *JpnHeart J*. 2002 May; 43(3): 219-230.
12. Güngör B., Yılmaz H., Ekmekçi A., Özcan K.S., Tijani M., Osmonov D. Aortic stiffness is increased in patients with premature coronary artery disease: a tissue Doppler imaging study. 2014; *Journal of cardiology*, 63(3): 223-229.
13. Lee JG, Joo SJ. Arterial stiffness and cardiovascular risk. *Korean J Intern Med*. 2019;34(3):504-506. doi:10.3904/kjim.2019.110
14. Knuuti J. et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes // *European heart journal*. — 2019.
15. Güngör B., Yılmaz H., Ekmekçi A., Özcan KS, Tijani M, Osmonov D. Aortic stiffness is increased in patients with premature coronary artery disease: a tissue Doppler imaging study. 2014; *Journal of cardiology*, 63(3): 223-229.
16. Fukuda D, Yoshiyama M, Shimada K, Yamashita H, Ehara S, Nakamura Y. & Yoshikawa J. Relation between aortic stiffness and coronary flow reserve in patients with coronary artery disease. 2006; *Heart*, 92(6): 759-762.
17. Chung CM, Tseng YH, Lin YS, Hsu JT, Wang PC. Association of brachial-ankle pulse wave velocity with atherosclerosis and presence of coronary artery disease in older patients // *ClinIntervAging*. — 2015. — N. 10. — P. 1369-1375.
18. Mushkambarov IN, Beresten NF, Tkachenko SB, Romanov SN, Kolesnikov VN. Modern Opportunities of echocardiography in the examination of patients with coronary heart disease. *Modern problems of science and education*. 2020.2 [Internet]. Available from <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29600>. Russian.
19. Otto C. *Practice of Clinical Echocardiography*. 5th edition. Elsevier; 2017. 1024 p.
20. O'Rourke MF, Staessen JA, Vlachopoulos C, Duprez D. Clinical applications of arterial stiffness; definitions and reference values. *American journal of hypertension*. 2002. 15(5):426-44.
21. Stefanadis C. et al. Distensibility of the ascending aorta: comparison of invasive and non-invasive techniques in healthy men and in men with coronary artery disease // *European Heart Journal*. — 1990. — V. 11. — N. 11. — P. 990-996.
22. Gatzka CD. et al. Relation between coronary artery disease, aortic stiffness, and left ventricular structure in a population sample // *Hypertension*. — 1998. — V. 32. — N. 3. — P. 575-578.
23. Eryol NK. et al. Color Doppler tissue imaging in assessing the elastic properties of the aorta and in predicting coronary artery disease. *JpnHeart J*. 2002 May; 43(3): 219-230.
24. Güngör B., Yılmaz H., Ekmekçi A., Özcan KS, Tijani M, Osmonov D. Aortic stiffness is increased in patients with premature coronary artery disease: a tissue Doppler imaging study. 2014; *Journal of cardiology*, 63(3): 223-229.

Сведения об авторах

Мушкамбаров Илья Николаевич¹, врач отделения ультразвуковой диагностики
Берестень Наталья Федоровна², д.м.н., профессор кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики
Ткаченко Сергей Борисович², д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики

¹ГКБ им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

Автор для переписки: Мушкамбаров Илья Николаевич. E-mail: loop182@rambler.ru

About authors

Mushkambarov Ilya Nikolaevich, MD, Ultrasound diagnostic department
Beresten Natalya Fedorovna, MD, PHD, Chair of clinical physiology and functional diagnostic
Tkachenko Sergey Borisovich, MD, PHD, Head of chair of clinical physiology and functional diagnostic

¹Botkin Hospital, Russian Federation

²Russian Medical Academy of Postgraduate Education

Corresponding author: Mushkambarov Ilya Nikolaevich. E-mail: loop182@rambler.ru

Статья поступила / Received 16.02.21

Получена после рецензирования / Revised 19.02.21

Принята к публикации / Accepted 15.03.21

Для цитирования: Мушкамбаров И.Н., Берестень Н.Ф., Ткаченко С.Б. Возрастные и гендерные особенности упруго-эластических свойств грудной аорты у пациентов с коронарным атеросклерозом. *Медицинский алфавит*. 2021; (5):34-41. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-34-41>

For citation: Bartosh-Zelenaya S.Yu., Naiden T.V., Stepanova V.V., Andreeva A.E. The Clinical Significance and advantages of Stress Echocardiography in patients with moderate to severe aortic stenosis. *Medical alphabet*. 2021; (5):34-41. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-34-41>