

**СОСТОЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА И ФУНКЦИИ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН СРЕДНЕГО СЛОЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У БОЛЬНЫХ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ И ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ С КОМОРБИДНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ**

Научная статья

**Третьяков С.В.<sup>1,\*</sup>, Попова А.А.<sup>2</sup>, Шилов С.Н.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9783-3206;<sup>1, 2, 3</sup> Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (ser53953824[at]yandex.ru)

**Аннотация**

С целью изучения состояния продольной систолической и диастолической функции левого и правого желудочков и функции мышечных волокон среднего слоя левого желудочка у больных вибрационной болезнью и вибрационной болезнью с коморбидной артериальной гипертензией обследовано 23 больных вибрационной болезнью (ВБ) первой степени от воздействия локальной вибрации (средний возраст 47,4 года) и 25 больных с вибрационной болезнью и артериальной гипертензией (АГ) 1-2 степени (средний возраст 50,1 год), неосложненной формой, риск 2. Все обследованные лица с вибрационной болезнью – мужского пола. Группу контроля составили относительно здоровые лица без ВБ и АГ (22 человека, средний возраст 46,4 года).

Осуществлялось трансторакальное эхокардиографическое (ЭхоКГ) исследование. Наряду с общепринятыми методиками (одно-, двухмерная ЭхоКГ, импульсная волновая, цветовая доплерэхокардиография), проводилось импульсное тканевое доплеровское исследование из апикального доступа с получением четырех камер сердца. Продольная систолическая и диастолическая функции левого (ЛЖ) и правого (ПЖ) желудочков оценивались по тканевому доплеровскому спектру. Для изучения функции мышечных волокон среднего слоя левого желудочка рассчитывались «внутренняя оболочка» ЛЖ, фракция укорочения средних мышечных волокон (ФУср, %). С целью устранения влияния постнагрузки ЛЖ на ФУ волокон среднего слоя рассчитывали стресс-корректированную ФУ волокон среднего слоя – циркулярный конечно-систолический миокардиальный стресс (цКСМС).

Основными производственными неблагоприятными факторами у лиц с вибрационной болезнью являлись вибрация, шум, физическое напряжение.

У больных вибрационной болезнью без коморбидной патологии отмечается развитие дисфункции продольных мышечных волокон левого и правого желудочков сердца, выражающаяся в ухудшении глобальных продольной систолической и диастолической их функций и рост стресс-корректированной фракции укорочения волокон среднего слоя миокарда левого желудочка. С присоединением артериальной гипертензии у больных вибрационной болезнью дисфункция продольных мышечных волокон левого и правого желудочков сердца усиливается и возрастает как фракция укорочения средних мышечных волокон, так и стресс-корректированная фракция укорочения волокон среднего слоя миокарда левого желудочка.

**Ключевые слова:** вибрационная болезнь, артериальная гипертензия, тканевая доплерэхокардиография, продольная функция, функция мышечных волокон среднего слоя левого желудочка.

**STATE OF GLOBAL VENTRICULAR CARDIAC LONGITUDINAL FUNCTION AND FUNCTION OF MUSCLE FIBRES OF MIDDLE LEFT VENTRICLE IN PATIENTS WITH VIBRATION DISEASE AND VIBRATION DISEASE WITH COMORBID ARTERIAL HYPERTENSION**

Research article

**Tretyakov S.V.<sup>1,\*</sup>, Popova A.A.<sup>2</sup>, Shilov S.N.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9783-3206;<sup>1, 2, 3</sup> Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation

\* Corresponding author (ser53953824[at]yandex.ru)

**Abstract**

To study the longitudinal systolic and diastolic function of the left and right ventricles and the function of muscle fibres of the middle left ventricle in patients with vibration disease and vibration disease with comorbid arterial hypertension examined 23 patients vibratory disease (VD) to the first degree from exposure to local vibration (average age 47.4 years) and 25 patients with vibratory disease and arterial hypertension (AG) to the first degree (average age 50.1 years), uncomplicated form, risk 2. All examined persons with vibrational disease – male. The monitoring group consisted of relatively healthy persons without VD and AH (22 persons, average age 46.4 years).

Transthoracic echocardiographic study was carried out. In addition to the generally accepted methods (one-dimensional echo, two-dimensional echo, pulse wave, colour dopplerohocardiography), an impulse tissue-Doppler examination from apical access was made, obtaining four heart chambers. The longitudinal systolic and diastolic functions of the left (LV) and right (RV) ventricles were estimated by the tissue Doppler spectrum. To study the function of muscle fibres of the middle layer of the left ventricle, the «inner shell» of the LV, the fraction of the shortening of the middle muscle fibres (FSh, %) were calculated. In order to eliminate the influence of post-load of LV on FSh fibres of the middle layer, stress-corrected FSh fibres of the middle layer – circular finite-systolic myocardial stress were calculated.

Vibration, noise and physical strain were the main production adverse factors in people with vibration disease.

In patients with vibration disease without comorbid pathology, there is a development of longitudinal muscle fibres of the left and right ventricles of the heart, expressed in the deterioration of global longitudinal systolic and diastolic functions and an

increase in stress corrected fraction of the middle myocardial fibre of the left ventricle. With the addition of arterial hypertension in patients with vibratory disease, the dysfunction of the longitudinal muscle fibres of the left and right ventricles of the heart increases and increases as the fraction of the shortening of middle muscle fibres, and the stress corrected fraction of shortening the fibres of the middle myocardial layer of the left ventricle.

**Keywords:** vibration disease, arterial hypertension, tissue doppleocardiography, longitudinal function, function of muscle fibres of middle layer of left ventricle.

## **Введение**

При длительном контакте с вибрацией у лиц с артериальной гипертонией появляется тенденция к активизации гетерометрического механизма авторегуляции сердечной деятельности. У больных вибрационной болезнью и неосложненной формой артериальной гипертонии это проявляется наиболее ярко [8]. Предполагается, что при таких патологических состояниях, как ишемия и гипертрофия миокарда, в первую очередь нарушается функция продольных миокардиальных волокон [5]. Анализ продольной функции миокарда может помочь в ранней диагностике сердечно-сосудистой патологии [5].

Цель исследования – изучить состояние продольной систолической и диастолической функции левого и правого желудочков, а также функции среднего мышечного слоя левого желудочка у больных вибрационной болезнью (ВБ) без сердечно-сосудистой патологии и у больных вибрационной болезнью и артериальной гипертонией (АГ).

## **Методы и принципы исследования**

Обследовано 23 больных вибрационной болезнью (ВБ) первой степени от воздействия локальной вибрации (средний возраст 47,4 года) и 25 больных с вибрационной болезнью и артериальной гипертензией (АГ) 1-2 степени (средний возраст 50,1 год), неосложненной формой, риск 2. Критериями исключения из исследования служили перенесенный инфаркт миокарда, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет или нарушенная толерантность к углеводам, а также нарушения ритма сердца, включая синусовую тахикардию. Анализировались больные с сохраненной фракцией выброса левого желудочка. Для отнесения больных к этой категории пользовались современными критериями оценки этого состояния [6], [7]. Все обследованные лица с вибрационной болезнью – мужского пола. Группу контроля составили относительно здоровые лица без ВБ и АГ (22 человека, средний возраст 46,4 года).

Осуществлялось трансторакальное эхокардиографическое (ЭхоКГ) исследование. Наряду с общепринятыми методиками (одно-, двухмерная ЭхоКГ, импульсная волновая, цветовая доплерэхокардиография), проводилось импульсное тканевое доплеровское исследование из апикального доступа с получением четырех камер сердца. Продольная систолическая и диастолическая функции левого (ЛЖ) и правого (ПЖ) желудочков оценивались по тканевому доплеровскому спектру, зарегистрированному от фиброзных колец митрального (МК) и трикуспидального (ТК) клапанов. В тканевом доплеровском спектре от фиброзного кольца МК со стороны боковой стенки ЛЖ и фиброзного кольца ТК со стороны боковой стенки ПЖ оценивали максимальную (пиковую) систолическую скорость движения кольца ( $S_m$ , см/с), максимальные диастолические скорости ( $E_m$  и  $A_m$ , см/с), их соотношение ( $E_m / A_m$ ), время изоволюмического расслабления (IVRT, мс) – период между окончанием кровотока в выносящем тракте и началом кровотока в приносящем тракте желудочков и максимальную скорость раннего наполнения желудочков ( $E$ , м/с), соотношение  $E/E_m$  [1], [3], [4]. Для изучения функционального состояния среднего мышечного слоя миокарда левого желудочка (ЛЖ) определялись: конечно-диастолический (КДР, мм), конечно-систолический (КСР, мм) размеры левого желудочка, толщина межжелудочковой перегородки в диастолу ( $T_{мжп}$ , мм), толщина задней стенки ЛЖ как в систолу (ЗСЛЖс, мм.), так и в диастолу (ТЗСЛЖд, мм.), фракция выброса ЛЖ (ФВ, %), фракция укорочения ЛЖ (ФУЛЖ, %), масса миокарда ЛЖ (ММЛЖ, г), индекс массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ, г/м<sup>2</sup>), общий объем ЛЖ ( $V_{общ}$ , мл), объем миокарда ЛЖ ( $V_m$ , мл), скорость укорочения циркулярных мышечных волокон миокарда ( $V_{cf}$ , с<sup>-1</sup>), «внутренняя оболочка» ЛЖ, фракция укорочения средних мышечных волокон (ФУср, %). С целью устранения влияния постнагрузки ЛЖ на ФУ волокон среднего слоя рассчитывали стресс-корректированную ФУ волокон среднего слоя – циркулярный конечно-систолический миокардиальный стресс (цКСМС) [2], [10].

Основными производственными неблагоприятными факторами у лиц с вибрационной болезнью являлись вибрация, шум, физическое напряжение.

Полученный цифровой материал был обработан с помощью вариационно-статистических методов путём расчета средней арифметической ( $m$ ), среднеквадратичного отклонения ( $s$ ). Различия показателей рассчитывались методом разностной статистики по критерию Стьюдента и считалось статистически значимым при  $P < 0,05$  (при 5% уровне значимости).

## **Основные результаты**

Изучение состояния продольной функции левого желудочка у больных вибрационной болезнью показало, что в отличие от группы контроля, отмечается уменьшение  $S_m$  в 1,99 раза ( $p < 0,05$ ) на фоне снижения как  $E_m$  в 2,17 раза ( $p < 0,05$ ), так и  $A_m$  на 13,1% ( $p < 0,05$ ) и их соотношения  $E_m/A_m$  в 3,05 раза ( $p < 0,05$ ). Скорость  $E_m$  находится в обратной зависимости с константой релаксации  $\tau$ , отражающей именно время снижения давления в желудочке в период релаксации [3]. Отличий между группами по  $E$  выявлено не было.  $E$  является важным показателем при измерении давления в ЛП. Существенным недостатком измерения трансмитральной скорости  $E$ -волны как показателя давления в ЛП является то, что она отражает только разность предсердно-желудочкового давления [3]. За счет меньших значений  $E_m$  в группе больных вибрационной болезнью отмечается возрастание соотношения  $E/E_m$  на 19,5% ( $p < 0,05$ ) и удлинение IVRT на 19,5% ( $p < 0,05$ ) (табл. 1). Сочетание высокой волны  $E$  и сниженной скорости  $E_m$  указывает на повышенное диастолическое давление в ЛЖ и выражается повышенным значением  $E/E_m$ . Поскольку диапазон нормальных значений  $E_m$  достаточно широк, то очевидно, что отношение  $E/E_m$  не может быть точным показателем давления в ЛП. Использовать этот параметр необходимо в комбинации с другими показателями [7], в частности, IVRT. Активное изоволюмическое расслабление – основа механизма Франка-Старлинга. Принцип данного механизма – чем больше

диастолическое наполнение, тем больше систола, если оно совершается в пределах физиологических изменений актомиозинового перекрытия. Ультраструктурная основа этого закона заключается в том, что количество актомиозиновых мостиков является максимальным при растяжении каждого саркомера до 2,2 мкм. Чем дальше в физиологическом диапазоне изменений диастола, тем она совершеннее. Дальше диастола – дальше период изоволюмического расслабления, более полное актомиозиновое расхождение и больше сила сердечных сокращений [3]. Как было показано, для больных вибрационной болезнью характерна активизация гетерометрического механизма авторегуляции сердечной деятельности, в основе которого лежит указанный механизм [8]. Вместе с тем, показатели диастолической функции левого желудочка, полученные при помощи импульсно-волновой ТДКГ, не зависят от преднагрузки, так же как и показатель  $E/E_m$  [3], [6].

У больных вибрационной болезнью показало, что в отличие от группы контроля, отмечается увеличение КСР ЛЖ на 8%, Тмжп на 16,3% ( $p<0,05$ ), ЗСЛЖс на 26,6% ( $p<0,05$ ), ТЗСЛЖд на 31,4% ( $p<0,05$ ) на фоне возрастания ИММЛЖ на 11,8% ( $p<0,05$ ). При этом отличий по фракции укорочения средних мышечных волокон между группами выявлено не было. Однако, стресс-корректированная ФУ волокон среднего слоя, т.е. без влияния постнагрузки (цКСМС), в группе больных ВБ была выше, чем у здоровых на 16,8% ( $p<0,05$ ) (табл. 2).

Изучение состояния продольной функции правого желудочка у больных вибрационной болезнью показало, что в отличие от группы контроля, отмечается уменьшение  $S_m$  в 2,04 раза ( $p<0,05$ ) на фоне снижения как  $E_m$  в 2,4 раза ( $p<0,05$ ), так и  $A_m$  в 1,39 раза ( $p<0,05$ ) и их соотношения  $E_m/A_m$  на 41,8% ( $p<0,05$ ). Отличий между группами по  $E$  также выявлено не было. За счет меньших значений  $E_m$  в группе больных вибрационной болезнью отмечается возрастание соотношения  $E/E_m$  в 2,11 раза ( $p<0,05$ ) при отсутствии отличий по продолжительности IVRT (табл. 3). Указанные изменения свидетельствуют о снижении как глобальной систолической, так и глобальной диастолической функций правого желудочка у больных ВБ. Известно, что у этой категории лиц правый желудочек находится в состоянии гиподинамии. Снижение сократительной способности правого желудочка ведет к уменьшению его сердечного выброса, что направлено на уменьшение преднагрузки левого желудочка [8].

Таблица 1 - Показатели глобальной систолической и диастолической функций левого желудочка по данным тканевой доплерэхокардиографии ( $M\pm\sigma$ )

Показатель	Контроль (n=22)	Больные ВБ (n=23)	Больные ВБ и АГ (n=25)	P 1-2	P 2-3
$S_m$ , см/с	5,61±0,73	2,81±0,26	2,55±0,22	$p<0,05$	$p<0,05$
$E_m$ , см/с	8,87±0,24	4,08±0,23	2,92±0,21	$p<0,05$	$p<0,05$
$A_m$ , см/с	4,30±0,06	3,74±0,05	2,95±0,04	$p<0,05$	$p<0,05$
$E_m/A_m$ , усл. ед.	3,51±0,19	1,15±0,79	1,01±0,08	$p<0,05$	$p<0,05$
$E$ , м/с	0,69±0,09	0,67±0,12	0,49±0,09	-	$p<0,05$
$E/E_m$ , усл. ед.	1,77±0,14	2,17±0,09	2,23±0,11	$p<0,05$	-
IVRT, мс	0,58±0,18	0,90±0,21	0,76±0,23	$p<0,05$	$p<0,05$

Изучение состояния продольной функции левого желудочка у больных вибрационной болезнью и АГ показало, что в отличие от больных ВБ не страдающих АГ, отмечается меньшее значение максимальной систолической скорости ( $S_m$ ) на 9,3%.  $S_m$  имеет обратную корреляцию с объемом миокарда левого желудочка и прямую с индексом контрактильности. При этом отмечается снижение как  $E_m$  в 2,4 раза ( $p<0,05$ ), так и  $A_m$  в 1,39 раза ( $p<0,05$ ) и их соотношения  $E_m/A_m$  на 41,8% ( $p<0,05$ ). Скорость  $E_m$  определяется плотностью  $\beta$ -адренорецепторов и степенью фиброза миокарда. Чем более выражен фиброз и ниже плотность  $\beta$ -адренорецепторов, тем ниже спектр  $E_m$  [9]. Но также выявляется обратная зависимость между степенью интерстициального фиброза и плотностью  $\beta$ -адренорецепторов и со значением  $S_m$ . В патогенезе развития «гипертонического сердца» нарушение упруго-эластических и деформационных свойств миокарда (в первую очередь его фиброз) рассматривается в качестве важного аспекта как с патофизиологической, так и с клинической точки зрения. Согласно данным исследований, в генезе соединительнотканной перестройки сердечной мышцы на фоне АГ важное значение имеет активация симпатической вегетативной нервной системы. Фиброз миокарда служит фактором риска развития сердечно-сосудистых осложнений, как то: инфаркт миокарда, хроническая сердечная недостаточность, нарушения ритма сердца, инсульт и внезапная сердечная смерть [4]. Вместе с тем, у больных ВБ и АГ выявляются меньшие значения  $E$  на 22,9% ( $p<0,05$ ). Отличий между группами по соотношения  $E/E_m$  и продолжительности IVRT выявлено не было (табл.1). Значение соотношения  $E_m/A_m$  имеет прямую корреляционную связь со значением соотношения максимальной скорости раннего наполнения и максимальной скоростью предсердного наполнения, средним давлением в легочной артерии и общим легочным сопротивлением.

У больных вибрационной болезнью с коморбидной АГ, в отличие от группы больных с ВБ без сердечно-сосудистой патологии, отмечается увеличение КДР ЛЖ на 8,3%, Тмжп на 14,1% ( $p<0,05$ ) на фоне возрастания ИММЛЖ на 8,1% и ФВЛЖ на 7,8%. При этом происходит некоторое ускорение скорости укорочения циркулярных мышечных волокон миокарда (на 6,2%) значительно увеличивается фракция укорочения средних мышечных волокон (на 54,9%,  $p<0,05$ ), а стресс-корректированная ФУ волокон среднего слоя на 15% ( $p<0,05$ ) (табл. 2).

Таблица 2 - Некоторые показатели структурно-функционального состояния левого желудочка и показатели функции мышечных волокон среднего слоя левого желудочка (M±σ)

Показатель	Контроль (n=22)	Больные ВБ (n=23)	Больные ВБ и АГ (n=25)	P 1-2	P 2-3
КДР, мм	4,69±0,33	4,80±0,35	5,23±0,22	-	p<0,05
КСР, мм	2,79±0,29	3,03±0,44	3,11±0,48	p<0,05	-
Тмжп, мм	0,82±0,06	0,98±0,05	1,14±0,04	p<0,05	p<0,05
ЗСЛЖс, мм.	1,22±0,04	1,66±0,09	1,72±0,08	p<0,05	-
ТЗСЛЖд, мм.	0,70±0,06	1,02±0,03	1,08±0,04	p<0,05	-
ФВ, %	69,4±2,14	68,00±4,33	73,73±3,11	-	-
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	67,61±8,86	76,59±7,97	83,32±8,91	p<0,05	-
Vcf, с <sup>-1</sup>	1,28±0,14	1,23±0,16	1,31±0,11	-	-
«внутренняя оболочка»	1,4±0,05	1,71±0,07	2,02±0,04	p<0,05	p<0,05
ФУср, %	40,55±3,45	37,37±4,75	82,81±3,44	-	p<0,05
цКСМС	90,32±4,88	75,18±3,19	88,36±3,10	p<0,05	p<0,05

Изучение состояния продольной функции правого желудочка у больных вибрационной болезнью и АГ показало, что в отличие от больных ВБ не страдающих АГ, отмечается снижение как E на 17,4% (p<0,05), E<sub>m</sub> 7,5% и соотношения E/E<sub>m</sub> на 19,6% (p<0,05) на фоне удлинения IVRT на 24,7% (p<0,05) (табл. 3). Последний показатель демонстрирует изменение процесса активного расслабления, который во многом зависит от свойств кардиомиоцитов.

Таблица 3 - Показатели глобальной систолической и диастолической функций правого желудочка по данным тканевой доплерэхокардиографии (M±σ)

Показатель	Контроль (n=22)	Больные ВБ (n=23)	Больные ВБ и АГ (n=25)	P 1-2	P 2-3
S <sub>m</sub> , см/с	5,86±0,24	2,87±0,27	2,85±0,21	p<0,05	-
E <sub>m</sub> , см/с	6,73±0,28	2,80±0,26	2,59±0,26	p<0,05	-
A <sub>m</sub> , см/с	4,41±0,04	3,16±0,05	3,14±0,06	p<0,05	-
E <sub>m</sub> /A <sub>m</sub> , усл. ед.	1,29±0,07	0,88±0,04	0,83±0,04	p<0,05	-
E, м/с	0,54±0,04	0,52±0,02	0,43±0,08	-	p<0,05
E/E <sub>m</sub> , усл. ед.	0,88±0,14	1,86±0,09	1,50±0,11	p<0,05	p<0,05
IVRT, мс	0,58±0,18	0,55±0,24	0,73±0,24	-	p<0,05

### Заключение

Таким образом, у больных вибрационной болезнью без коморбидной патологии отмечается развитие дисфункция продольных мышечных волокон левого и правого желудочков сердца, выражающаяся в ухудшении глобальных продольной систолической и диастолической их функций и рост стресс-корректированной фракции укорочения волокон среднего слоя миокарда левого желудочка. С присоединением артериальной гипертензии у больных вибрационной болезнью дисфункция продольных мышечных волокон левого и правого желудочков сердца усиливается и возрастает как фракция укорочения средних мышечных волокон, так и стресс-корректированная фракция укорочения волокон среднего слоя миокарда левого желудочка.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Гриценко О.В. Возможности speckle tracking-эхокардиографии для диагностики дисфункции миокарда / О.В. Гриценко, Г.А. Чумакова, Е.В. Трубина // CardioСоматика. — 2021. — № 1. — С. 5-10. — DOI: 10.26442/22217185.2021.1.200756.

2. Гурин А.М. Структурно-функциональные особенности сердечной мышечной ткани человека / А.М. Гурин // Современные наукоемкие технологии. — 2009. — № 11. — С. 28-40.
3. Мрикаев Д.В. Диастолическая дисфункция левого желудочка у больных с сердечной недостаточностью / Д.В. Мрикаев // Креативная кардиология. — 2017. — № 2. — С. 145-158.
4. Остроумова О.Д. Упруго-эластические и деформационные свойства миокарда – новая мишень антигипертензивной терапии / О.Д. Остроумова, А.И. Кочетков // Кардиология. — 2018. — № 11. — С. 72-81.
5. Павлюкова Е.Н. Продольная глобальная и сегментарная функции левого желудочка у больных гипертонической болезнью по данным тканевой доплерэхокардиографии / Е.Н. Павлюкова, О.В. Гусева, В.В. Поддубный [и др.] // Кардиология. — 2003. — № 8. — С. 45-51.
6. Практическая эхокардиография: Руководство по эхокардиографической диагностике / под ред. Ф.А. Флаксампфа. — Москва: МЕДпресс-информ, 2019. — 872 с.
7. Сережина Е.К. Значимость эхокардиографической оценки деформации миокарда левого предсердия в ранней диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса / Е.К. Сережина, А.Г. Обрезан // Кардиология. — 2021. — № 8. — С. 68-75.
8. Третьяков С.В. Сердечно-сосудистая система при действии вибрации (гемодинамические и психокardiологические аспекты) / С.В. Третьяков. — Москва: Русайнс, 2020. — 160 с.
9. Khan M.S. Left Atrial Function in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: a Systematic Review and Meta-Analysis / M.S. Khan, M.M. Memon, M.H. Murad [et al.] // European Journal of Heart Failure. — 2020. — № 3. — P. 472-485. — DOI: 10.1002/ehjhf.1643.
10. Marwick T.H. Рекомендации по применению эхокардиографии при артериальной гипертензии у взрослых: отчет Европейской ассоциации по сердечно-сосудистой визуализации (EACVI) и Американского эхокардиографического общества (ASE) / Т.Н. Marwick, Т.С. Gillebert, G. Aurigemma [и др.]; под ред. А.Б. Хадзеговой, С.Т. Мацкеплишвили; пер. с англ. П.В. Крикуновой // Системные гипертензии. — 2017. — № 2. — С. 6-28. — DOI: 10.26442/2075-082X\_14.2.6-28.

### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Gritsenko O.V. Vozmozhnosti speckle tracking-ekhogardiografii dlya diagnostiki disfunkcii miokarda [The Possibilities of Speckle Tracking-Echocardiography for the Diagnosis of Myocardial Dysfunction] / O.V. Gritsenko, G.A. Chumakova, E.V. Trubina // CardioSomatika [CardioSomatics]. — 2021. — № 1. — P. 5-10. — DOI: 10.26442/22217185.2021.1.200756. [in Russian]
2. Gurin A.M. Strukturno-funkcional'nye osobennosti serdechnoj myshechnoj tkani cheloveka [Structural and Functional Features of Human Cardiac Muscle Tissue] / A.M. Gurin // Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern High-Tech Technologies]. — 2009. — № 11. — P. 28-40. [in Russian]
3. Mrikaev D.V. Diastolicheskaya disfunkciya levogo zheludochka u bol'nyh s serdechnoj nedostatochnost'yu [Diastolic Dysfunction of the Left Ventricle in Patients with Heart Failure] / D.V. Mrikaev // Kreativnaya kardiologiya [Creative Cardiology]. — 2017. — № 2. — P. 145-158. [in Russian]
4. Ostroumova O.D. Uprugo-elasticheskie i deformacionnye svoystva miokarda – novaya mishen' antigipertenzivnoj terapii [Elastic and Deformational Properties of the Myocardium – a New Target of Antihypertensive Therapy] / O.D. Ostroumova, A.I. Kochetkov // Kardiologiya [Cardiology]. — 2018. — № 11. — P. 72-81. [in Russian]
5. Pavlyukova E.N. Prodol'naya global'naya i segmentarnaya funkciya levogo zheludochka u bol'nyh gipertonicheskoy bolezniyu po dannym tkanevoj dopplerekhogardiografii [Longitudinal Global and Segmental Functions of the Left Ventricle in Patients with Hypertension according to Tissue Doppler Echocardiography] / E.N. Pavlyukova, O.V. Guseva, V.V. Poddubny [et al.] // Kardiologiya [Cardiology]. — 2003. — № 8. — P. 45-51. [in Russian]
6. Prakticheskaya ekhogardiografiya: Rukovodstvo po ekhogardiograficheskoy diagnostike [Practical echocardiography: A guide to echocardiographic diagnostics] / ed. by F.A. Flaksampf. — Moscow: MEDpress-inform, 2019. — 872 p. [in Russian]
7. Serezhina E.K. Znachimost' ekhogardiograficheskoy ocenki deformatsii miokarda levogo predserdiya v rannej diagnostike serdechnoj nedostatochnosti s sohranenoj frakciej vybrosa [The Significance of Echocardiographic Assessment of Left Atrial Myocardial Deformity in the Early Diagnosis of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction] / E.K. Serezhina, A.G. Obreban // Kardiologiya [Cardiology]. — 2021. — № 8. — P. 68-75. [in Russian]
8. Tretyakov S.V. Serdechno-sosudistaya sistema pri dejstvii vibratsii (gemodinamicheskie i psihokardiologicheskie aspekty) [Cardiovascular System under the Action of Vibration (Hemodynamic and Psychocardiological Aspects)] / S.V. Tretyakov. — Moscow: Ruscience, 2020. — 160 p. [in Russian]
9. Khan M.S. Left Atrial Function in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: a Systematic Review and Meta-Analysis / M.S. Khan, M.M. Memon, M.H. Murad [et al.] // European Journal of Heart Failure. — 2020. — № 3. — P. 472-485. — DOI: 10.1002/ehjhf.1643.
10. Marwick T.H. Rekomendatsii po primeneniyu ekhogardiografii pri arterial'noj gipertenzii u vzroslyh: otchet Evropejskoj assotsiatsii po serdechno-sosudistoj vizualizatsii (EACVI) i Amerikanskogo ekhogardiograficheskogo obshchestva (ASE) [Recommendations for the use of echocardiography in hypertension in adults: report of the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI) and the American Echocardiographic Society (ASE)] / T.H. Marwick, T.C. Gillebert, G. Aurigemma [et al.]; ed. by A.B. Khadzegova, S.T. Matskeplishvili; transl. from eng. by P.V. Krikunova // Sistemnye gipertenzii [Systemic Hypertension]. — 2017. — № 2. — P. 6-28. — DOI: 10.26442/2075-082X\_14.2.6-28. [in Russian]