

Легочная гипертензия при ишемической хронической сердечной недостаточности (пилотное исследование)

Мареева В. А.^{1,2}, Богданова А. А.³, Никифорова Т. А.³, Клименко А. А.^{1,4}

¹ФГАОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова" Минздрава России. Москва; ²АО "Европейский медицинский центр". Москва; ³ФГАОУ ВО "Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова" Минздрава России (Сеченовский Университет). Москва; ⁴Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова. Москва, Россия

Цель. Оценить роль исследования кардиопульмональной системы с помощью правожелудочково-артериального сопряжения (ПЖАС) у пациентов с легочной гипертензией (ЛГ), ассоциированной с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) ишемического генеза.

Материал и методы. Обследовано 42 стабильных пациента. На основании фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ), были сформированы 3 группы. ЛГ устанавливалась с помощью экспертной трансторакальной эхокардиографии. ПЖАС рассчитано двумя способами: соотношение TAPSE (амплитуда систолического движения кольца трикуспидального клапана)/СДЛА (систолическое давление в легочной артерии) и произведение TAPSE×pACT (время ускорения в легочной артерии).

Результаты. Пациенты, включенные в исследование, были в основном мужчинами (73,8%), функционального класса ЛГ II-III (95,2%), ХСН стадии 2Б (62%). Наибольшие значения TAPSE ($18,6 \pm 3$ мм), ПЖАС ($0,64 \pm 0,42$ мм/мм рт.ст.) наблюдались при сохраненной ФВ ЛЖ. В общей когорте пациентов уменьшение ПЖАС ($r_s = -0,563$) и TAPSE ($r_s = -0,666$), сопровождается увеличением уровня N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) ($p < 0,01$). По мере увеличения стадии ХСН и функционального класса ЛГ значимо увеличиваются показатели СДЛА, диаметра нижней полой вены и уровня NT-proBNP, а также уменьшаются TAPSE и ПЖАС ($p < 0,05$). Разные способы расчёта ПЖАС сильно коррелируют между собой ($r_s = 0,832$; $p < 0,01$).

Заключение. Исследование правых отделов сердца и ПЖАС у пациентов с ХСН ишемического генеза имеет значимую ценность для ранней диагностики ЛГ и своевременного принятия клинических решений.

Ключевые слова: легочная гипертензия, правый желудочек, легочная артерия, сердечная недостаточность, правожелудочковая недостаточность, эхокардиография.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 17/04-2024

Рецензия получена 29/04-2024

Принята к публикации 13/06-2024



Для цитирования: Мареева В. А., Богданова А. А., Никифорова Т. А., Клименко А. А. Легочная гипертензия при ишемической хронической сердечной недостаточности (пилотное исследование). Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024;23(8):4018. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4018. EDN JCCMJC

Pulmonary hypertension in ischemic heart failure: a pilot study

Mareeva V. A.^{1,2}, Bogdanova A. A.³, Nikiforova T. A.³, Klimentko A. A.^{1,4}

¹Pirogov Russian National Research Medical University. Moscow; ²AO European Medical Center. Moscow; ³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University. Moscow; ⁴Pirogov City Clinical Hospital № 1. Moscow, Russia

Aim. To evaluate the role of cardiopulmonary system assessment in a group of patients with pulmonary hypertension (PH) associated with ischemic heart failure (HF) with the right ventricular-pulmonary arterial (RV-PA) coupling.

Material and methods. Forty stable patients were examined. The patients were divided into 3 groups depending on the left ventricle ejection fraction (LVEF). PH was established by using expert transthoracic echocardiography. RV-PA coupling was calculated by 2 following ways: as tricuspid annular plane systolic excursion

(TAPSE)/pulmonary artery systolic pressure (PASP) ratio and as TAPSE×Pulmonary Artery Acceleration Time (pACT) multiplication.

Results. The patients included in the study were mainly men (73,8%), functional class PH II-III (95,2%), stage IIB CHF (62%). The highest values of TAPSE ($18,6 \pm 3$ mm) and RV-PA coupling ($0,64 \pm 0,42$ mm/mm Hg) were found in the patients with preserved LVEF. In the general cohort, high level of NT-proBNP corresponds to reduced values of RV-PA coupling ($r_s = -0,563$) and TAPSE ($r_s = -0,666$; $p < 0,01$). The severity of PH directly affects the level of NT-proBNP ($p < 0,01$). As the stage of HF

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: m.varvara07@yandex.ru

[Мареева В. А. — аспирант кафедры факультетской терапии им. акад. А.И. Нестерова лечебного факультета, врач-терапевт, ORCID: 0000-0001-8302-6916, Богданова А. А. — к.м.н., доцент кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, врач функциональной диагностики, ORCID: 0000-0002-7034-8382, Никифорова Т. А. — аспирант кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, ORCID: 0009-0003-2217-7157, Клименко А. А. — д.м.н., доцент, зав. кафедрой факультетской терапии им. акад. А.И. Нестерова лечебного факультета, врач-терапевт консультативного отделения стационара ГКБ № 1, ORCID: 0000-0002-7410-9784].

and PH functional class increases, the indicators of PASP, inferior vena cava diameter and NT-proBNP level significantly increase, as well as TAPSE and RV-PA coupling decrease ($p < 0,05$). Different calculating methods of RV-PA coupling has a strong correlation ($r_s = 0,832$; $p < 0,01$).

Conclusion. The right heart and RV-PA coupling assessment in patients with ischemic HF of origin is of significant value for the early diagnosis of PH and timely clinical decision-making.

Keywords: pulmonary hypertension, right ventricle, pulmonary artery, heart failure, right ventricular dysfunction, echocardiography.

Relationships and Activities: none.

Mareeva V. A. * ORCID: 0000-0001-8302-6916, Bogdanova A. A. ORCID: 0000-0002-7034-8382, Nikiforova T. A. ORCID: 0009-0003-2217-7157, Klimenko A. A. ORCID: 0000-0002-7410-9784.

*Corresponding author:
m.varvara07@yandex.ru

Received: 17/04-2024

Revision Received: 29/04-2024

Accepted: 13/06-2024

For citation: Mareeva V. A., Bogdanova A. A., Nikiforova T. A., Klimenko A. A. Pulmonary hypertension in ischemic heart failure: a pilot study. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(8):4018. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4018. EDN JCCMJC

ЛА — легочная артерия, ЛГ — легочная гипертензия, ЛЖ — левый желудочек, НПВ — нижняя полая вена, ПЖ — правый желудочек, ПЖ-ЛА — система "правый желудочек-легочная артерия", ПЖАС — правожелудочково-артериальное сопряжение = TAPSE/СДЛА, ПП — правое предсердие, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, сПЖАС — суррогатный индекс ПЖАС, определяемый путем расчета произведения $P_{ACT} \times TAPSE$, ТШХ — тест 6-минутной ходьбы, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ХСНнФВ — ХСН со сниженной фракцией выброса, ХСНсФВ — ХСН с сохраненной фракцией выброса, ХСНунФВ — ХСН с умеренно сниженной фракцией выброса, ЭхоКГ — эхокардиография, NT-proBNP — N-Terminal Pro-brain Natriuretic Peptide (N-концевой промозговой натрийуретический пептид), PACT — pulmonary Artery Acceleration Time (время ускорения кровотока в легочной артерии), TAPSE — Tricuspidal Annular Plane Systolic Excursion (амплитуда систолического движения кольца трикуспидального клапана).

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Исследование системы "правый желудочек-легочная артерия", имеет большую диагностическую ценность у пациентов с любыми фенотипами легочной гипертензии (ЛГ).
- Оценить работу системы "правый желудочек-легочная артерия" возможно с помощью эхокардиографии путем определения правожелудочково-артериального сопряжения (ПЖАС).

Что добавляют результаты исследования?

- Изучена роль оценки ПЖАС у пациентов с ЛГ, ассоциированной с хронической сердечной недостаточностью ишемического генеза.
- По мере прогрессирования ЛГ и хронической сердечной недостаточности, происходит разобщение в системе ПЖАС.
- Физическая нагрузка влияет на показатель ПЖАС.

Key messages

What is already known about the subject?

- Study of the right ventricle-pulmonary artery system has great diagnostic value in patients with any pulmonary hypertension (PH) phenotypes.
- Assessment of the right ventricle-pulmonary artery system is possible using echocardiography by determining the right ventricular-pulmonary arterial coupling.

What might this study add?

- The role of RV-PA coupling assessment in patients with PH associated with heart failure of ischemic origin was studied.
- As PH and heart failure progress, RV-PA coupling disconnection occurs.
- Physical activity affects the RV-PA coupling.

Введение

Легочная гипертензия (ЛГ) является частым и тяжелым осложнением хронической сердечной недостаточности (ХСН), приводящей к прогрессирующей дисфункции правого желудочка (ПЖ). Последняя, по результатам бивентрикулярной радиовентрикулографии, диагностируется у 40% пациентов с ишемической болезнью сердца и ХСН II-IV функционального класса (ФК) [1]. Доказано, что правожелудочковая недостаточность является мощным предиктором плохого прогноза [2] независимо от степени систолической дисфункции левого желудочка (ЛЖ) [3]. Поэтому ранняя диагностика перегрузки правых отделов сердца важна для своевременной стратификации рис-

ка, оценки прогнозов и принятия клинических решений.

В последнее время концепция исследования последствий ЛГ основывается на изучении кардиопульмональной системы в целом, а не отдельных параметров легочной артерии (ЛА) и/или ПЖ. С этой целью используется системный многопараметрический показатель, правожелудочково-артериальное сопряжение (ПЖАС) [4]. Исследование ПЖАС чаще всего проводилось и изучалось у пациентов, страдающих хронической тромбоэмболической ЛГ [5, 6], легочной артериальной гипертензией [6, 7] и ХСН в исходе различных причин [3]. Однако к настоящему времени практиче-

ски отсутствуют работы, посвященные изучению ПЖАС в более узких дифференцированных группах больных ХСН.

В данной статье продемонстрированы промежуточные данные, полученные при изучении ПЖАС у пациентов в группе ХСН исключительно ишемического генеза.

Материал и методы

Отбор происходил среди пациентов, госпитализированных с декомпенсацией ХСН ишемического генеза среднего, пожилого и старческого возраста. В исследование были включены 42 пациента, у которых сформировалась и сохранялась ЛГ по стабилизации состояния при переводе в палату из отделения интенсивной терапии. Пациенты были разделены на группы в зависимости от фракции выброса (ФВ) ЛЖ. Первую группу составили пациенты с ХСН и сохраненной ФВ (ХСНсФВ) $\geq 50\%$, вторую — ХСН с умеренно сниженной ФВ (ХСНунФВ) $= 40-49\%$, третью — ХСН со сниженной ФВ (ХСНнФВ) $\leq 40\%$.

ХСН ЛГ определялась как повышение систолического давления в легочной артерии (СДЛА) > 30 мм рт.ст. по данным трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ). Перенесенный в анамнезе инфаркт миокарда, а также гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий по данным коронароангиографии, подтверждали ишемический характер развития ХСН. Исключались пациенты с бронхолегочной патологией, неишемической кардиомиопатией, клапанными пороками сердца, системными и гематологическими заболеваниями, с эпизодами перенесенной тромбоэмболии ЛА в анамнезе, зараженные вирусом иммунодефицита человека. Таким образом, были отвергнуты другие этиопатологические группы ЛГ. Кроме того, в исследование не включали пациентов, страдающих заболеваниями с ожидаемой продолжительностью жизни < 1 года, с выраженными когнитивными нарушениями или психическими расстройствами, с уровнем гемоглобина < 90 г/л, острым перенесенным инфарктом миокарда и нарушением мозгового кровообращения давностью < 3 мес.

Всем пациентам было проведено комплексное обследование, которое включало клинический анализ крови, общий анализ мочи, определение биохимических параметров крови, включая N-концевой промозговой натрийуретический пептид (NT-proBNP), электрокардиографию на аппарате Schiller CARDIOVIT AT-2 Plus, рентгенографию или компьютерную томографию органов грудной клетки с целью выявления патологии легких, оценку функции внешнего дыхания методом спирометрии на аппарате MIR Spirolab III для исключения возможного бронхообструктивного синдрома. Пациентам была проведена экспертная ЭхоКГ на аппаратах Philips EPIQ 7 и GE Healthcare Vivid E95.

Помимо стандартного протокола ЭхоКГ исследования, дополнительно всем пациентам был проведен подсчет индекса ПЖАС в виде соотношения TAPSE (Tricuspidal Annular Plane Systolic Excursion, амплитуда систолического движения кольца трикуспидального клапана) к СДЛА. TAPSE использовался как метод количественной оценки сократимости ПЖ и определялся в апикальном 4-камерном сечении в М-режиме. Ультразвуковой луч был направлен через латеральную часть кольца трикуспидального клапана и оценивалось его смещение

по направлению к верхушке. СДЛА подсчитывали по сумме давления в правом предсердии (ПП) и максимального градиента на трикуспидальном клапане. Цифра давления в ПП зависела от диаметра и спадаемости нижней полой вены (НПВ), оценка которой проводилась в субкостальном сечении. Части пациентам был дополнительно вычислен суррогатный индекс ПЖАС (сПЖАС) в виде произведения TAPSE и pACT (pulmonary Artery Acceleration Time, время ускорения кровотока в легочной артерии). pACT определяли от начала легочного кровотока до достижения им пикового значения, в парастернальном сечении по короткой оси на клапане ЛА с помощью постоянно-волновой доплерографии. Пациентам также был проведен тест 6-мин. ходьбы (ТШХ) с формированием полного ЭхоКГ протокола до него и повторной оценкой показателей СДЛА, TAPSE, ПЖАС, pACT и сПЖАС после него. Выраженность одышки до и после ТШХ определяли с помощью модифицированной шкалы Борга (G Borg, 1982). Степень выраженности симптомов ХСН оценивали с помощью функциональной классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (NYHA — New York Heart Association). Стадию ХСН устанавливали с помощью классификации Н. Д. Стражеско, В. Х. Василенко (1935). Для характеристики тяжести ЛГ использовалась функциональная классификация Всемирной организации здравоохранения (1993).

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета программ SPSS Statistics 26 (IBM, США). Проверка формы распределения определялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Распределение считалось нормальным, если критерий Колмогорова-Смирнова был $> 0,05$ и отличным от нормального, если критерий был $< 0,05$. Для величин, имеющих нормальное распределение, представлено среднее значение (М) со стандартным отклонением (SD), при распределении, отличным от нормального, — медиана (Me) и интерквартильный размах [Q25; Q75]. Для оценки корреляционной связи между параметрами, в случае нормального распределения использовался критерий χ^2 Пирсона, а отличного от нормального — коэффициент Спирмена (r_s). Сила корреляционной связи устанавливалась в соответствии со шкалой Чеддока. Сравнение Me в нескольких выборках проведено с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Критерий Уилкоксона использовался с целью проверки различий между связанными выборками. Статистически значимыми считали различия показателей при $p < 0,05$.

Протокол исследования был одобрен этическими комитетами ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие. Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Результаты

Группу пациентов с ХСНсФВ составили 11 человек (группа 1), ХСНунФВ — 7 больных (группа 2), а ХСНнФВ — 24 человека (группа 3). Общая клинико-анамнестическая характеристика групп представлена на рисунке 1.

Средний возраст пациентов составил $66,5 \pm 9,2$ лет. Самой частой жалобой при осмотре являлась одышка, возникающая при физической на-

Таблица 1

Лабораторно-инструментальная характеристика групп

Показатель, М±SD	Группа 1 ХСНсФВ n=11	Группа 2 ХСНунФВ n=7	Группа 3 ХСНнФВ n=24	Вся выборка n=42
ФВ, %	55,1±4,2	44,7±3,2	30,2±6,2	39,1±12,2
СДЛА до ТШХ, мм рт.ст.	42±24,8	51±11,8	49±14,4	48±17,2
СДЛА после ТШХ, мм рт.ст.	45±24,4	53±14,6	51±15,2	50±17,8
ТАРСЕ до ТШХ, мм	18,6±3	15,7±2,4	15±3,9	16,3±3,6
ТАРСЕ после ТШХ, мм	19,3±3,5	16 [15,0;16,0]	15,8±4	16,7±3,9
рАСТ до ТШХ, м/с	89,3±26,2	—*	—*	88,7±20,6
рАСТ после ТШХ, м/с	95,7±22,3	—*	—*	93,9±18,6
ПЖАС до ТШХ, мм/мм рт.ст.	0,64±0,42	0,33±0,15	0,36±0,16	0,38 [0,23;0,51]
ПЖАС после ТШХ, мм/мм рт.ст.	0,48 [0,25;1,15]	0,27 [0,26;0,36]	0,35±0,17	0,37 [0,23;0,51]
сПЖАС до ТШХ, мм×м/с	1492,1±642,6	—*	—*	1462±517,2
сПЖАС после ТШХ, мм×м/с	1612,3±648	—*	—*	1565±544,5
Площадь ПП, см ²	18 [14,25;21,05]	24±7,9	21,4±6,9	18,9 [16;26,6]
Поперечный размер ПЖ, см	3,1 [2,88;3,45]	3,5±0,4	3,6±0,8	3,2 [2,9;4]
Диаметр НПВ, см	1,9±0,4	1,8±0,3	2 [1,77;2,50]	1,9 [1,7;2,2]
NT-proBNP, пг/мл	500 [165;58;500]	1590 [954;4874]	4365 [500;9240]	2034 [500;7146,8]
Расстояние ТШХ, м	405 [285;475]	275±125,5	297±125,9	312±125,7

Примечание: * — малая выборка. НПВ — нижняя полая вена, ПЖ — правый желудочек, ПЖАС — правожелудочково-артериальное соотношение, ПП — правое предсердие, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, сПЖАС — суррогатный индекс ПЖАС, ТШХ — тест 6-мин. ходьбы, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ХСНнФВ — ХСН со сниженной фракцией выброса, ХСНсФВ — ХСН с сохраненной фракцией выброса, ХСНунФВ — ХСН с умеренно сниженной фракцией выброса, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, рАСТ — время ускорения кровотока в легочной артерии, ТАРСЕ — систолическое движение кольца трикуспидального клапана.

грузке разной интенсивности. Реже всего встречались эпизоды синкопальных состояний. Кровохарканье не наблюдалось ни у одного пациента из трех групп. Практически у всех пациентов в анамнезе была артериальная гипертензия или гипертоническая болезнь (92,9%), сахарный диабет 2 типа наблюдался ровно у половины пациентов, а пароксизмальная форма фибрилляции предсердий присутствовала у 20 (47,6%) человек. Ишемическая кардиомиопатия сформировалась у 10 (23,8%) больных. Более тяжелая степень коморбидности, наблюдалась у пациентов с ХСНнФВ.

Выраженность клинических симптомов в группе 1 преимущественно соответствовала II ФК ЛГ (63,6%), в группах 2 и 3 — III ФК ЛГ (71,4 и 58,3%, соответственно). Среднее СДЛА в общей когорте составило 48±17,2 мм рт.ст., при этом наибольший уровень отмечен в группе ХСНунФВ (51±11,8 мм рт.ст.). В общей когорте пациентов ХСН стадии 2Б была установлена чаще всего — 26 (61,9%) из 42; при этом она также преобладала в группе ХСНунФВ — 5 (71,4%) из 7; и сниженной ФВ — 18 (75%) из 24. У пациентов с ХСНсФВ, чаще всего отмечались застойные явления только по малому кругу кровообращения — 7 (63,6%) из 11. Стадия ХСН 3, также, как и ФК ЛГ IV, не были присвоены ни одному пациенту в исследуемой когорте.

На момент осмотра все пациенты находились на гипополипидемической и диуретической терапии.

Прием комбинации сакубитрил+валсартан, а также ингибиторов натрий-глюкозного котранспортера 2 типа чаще всего встречался в группе пациентов ХСНнФВ (45,8 и 54,2% соответственно).

Лабораторно-инструментальная характеристика групп представлена в таблице 1.

Наибольшие значения ТАРСЕ и ПЖАС отмечены в 1 группе (18,6±3 мм и 0,64±0,42 мм/мм рт.ст., соответственно). В группе 2 площадь ПП (24±7,9 см²) оказалась больше, а степень тяжести ЛГ выше (51±11,8 мм рт.ст.), чем в остальных группах. Наиболее высокий уровень NT-proBNP (4365 пг/мл [500;9240]) зафиксирован в группе 3. Наибольшее расстояние по данным ТШХ, было пройдено пациентами группы 2 и составило ~405 м.

В общей когорте пациентов прослеживается высокая корреляционная связь между уровнем ПЖАС и его составляющими — ТАРСЕ и СДЛА. При более высоком СДЛА ($r_s=-0,932$) и низком значении ТАРСЕ ($r_s=0,825$), показатель ПЖАС меньше ($p<0,01$). Высокий уровень NT-proBNP соответствует меньшему параметру ПЖАС (рисунок 2) и ТАРСЕ ($r_s=-0,563$, $r_s=-0,666$, соответственно; $p<0,01$). Степень тяжести ЛГ напрямую влияет на уровень NT-proBNP ($r_s=0,637$; $p<0,01$), площадь ПП ($r_s=0,510$; $p<0,01$), поперечный размер ПЖ ($r_s=0,421$; $p<0,01$), и обратно коррелирует с показателями ТАРСЕ ($r_s=-0,607$; $p<0,01$) (рисунок 3). Разобщение ПЖАС обуславливает большие значения

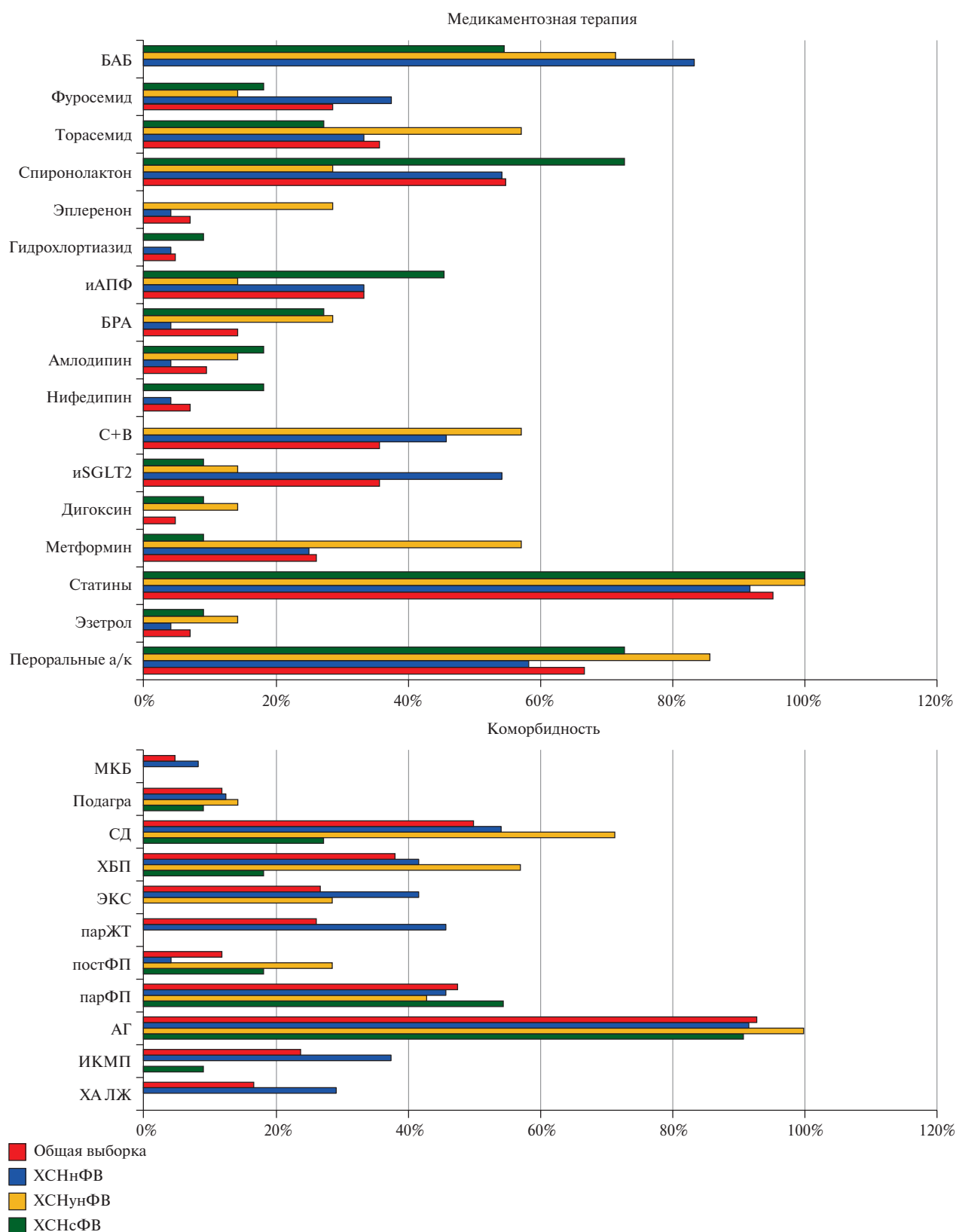


Рис. 1 Клинико-anamнестическая характеристика групп.

Примечание: АГ — артериальная гипертензия, а/к — антикоагулянты, БАБ — β -адреноблокаторы, БРА — блокаторы рецепторов ангиотензина, иАПФ — ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, ИКМП — ишемическая кардиомиопатия, ЛЖ — левый желудочек, МКБ — мочекаменная болезнь, парЖТ — пароксизмальная желудочковая тахикардия, парФП — пароксизмальная форма фибрилляции предсердий, постФП — постоянная форма фибрилляции предсердий, СД — сахарный диабет, С+В — сакубитрил+валсартан, ХА — хроническая аневризма, ХБП — хроническая болезнь почек, ЭКС — электрокардиостимулятор, ХСНнФВ — ХСН со сниженной фракцией выброса, ХСНсФВ — ХСН с сохраненной фракцией выброса, ХСНунФВ — ХСН с умеренно сниженной фракцией выброса.

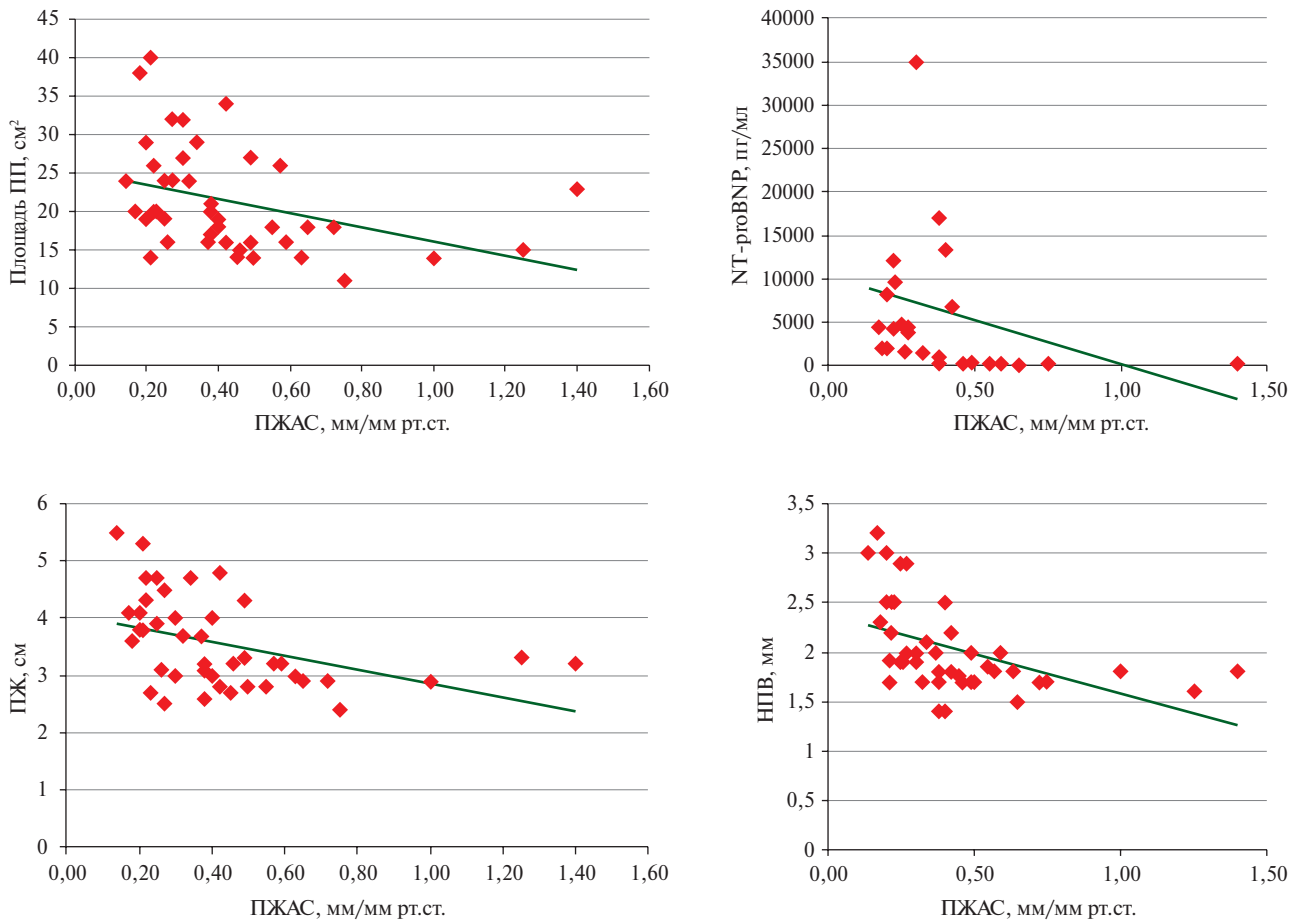


Рис. 2 Корреляционный анализ разобщения в системе ПЖАС с показателями правых отделов сердца.

Примечание: НПВ — нижняя полая вена ($r_s = -0,599$), ПЖ — правый желудочек (поперечный размер) ($r_s = -0,399$), ПЖАС — правожелудочно-артериальное сопряжение, ПП — правое предсердие ($r_s = -0,506$), NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид ($r_s = -0,563$) ($p < 0,01$).

площади ПП ($r_s = -0,506$), поперечного размера ПЖ ($r_s = -0,399$) и диаметра НПВ ($r_s = -0,599$) ($p < 0,01$) (рисунок 2). Влияния возраста на параметр ПЖАС обнаружено не было ($p = 0,81$).

Показана сильная положительная корреляция между индексами ПЖАС и сПЖАС ($r_s = 0,832$; $p < 0,01$) (рисунок 4). При этом сПЖАС никак не коррелировал с размером ПЖ, площадью ПП, диаметром НПВ и уровнем NT-proBNP ($p > 0,01$).

При сравнении параметров, отражающих работу и нагрузку на правые отделы сердца, у пациентов в группах с разной ФВ ЛЖ, согласно критерию Краскела-Уоллиса, существенные различия наблюдались лишь по показателям TAPSE ($p < 0,05$). В разных группах ФК ЛГ, статистически значимые различия наблюдались по показателям TAPSE, ПЖАС и NT-proBNP ($p < 0,05$). По мере увеличения стадии ХСН и ФК ЛГ, значимо отмечен прирост показателей СДЛА, диаметра НПВ и уровня NT-proBNP, а также уменьшение TAPSE и ПЖАС ($p < 0,05$).

В общей когорте пациентов значения СДЛА, pACT и сПЖАС, после ТШХ увеличиваются ($p < 0,05$).

Обсуждение

ПЖАС представляет собой единую систему, объединяющую сократительную способность ПЖ и буферные свойства эластических стенок ЛА. Нормальное функционирование этой системы обеспечивается легочным сосудистым сопротивлением, соответствующему адекватной систолической работе ПЖ. Разобщение в системе ПЖ-ЛА может возникнуть, когда растет постнагрузка, превышая функциональный резерв миокарда ПЖ. Поначалу сократительная способность ПЖ повысится, и работа системы будет адаптирована, однако вскоре компенсаторные возможности истощаются. Это приводит к дисфункции, а в дальнейшем, и к недостаточности ПЖ [8].

Уменьшение показателя ПЖАС, свидетельствующее о разобщении в кардиопульмональной системе, имеет большое значение в возникновении и прогрессировании различных сердечно-сосудистых заболеваний [9], в т.ч. его оценка используется для стратификации риска и прогнозирования исходов у пациентов с ХСН [10, 11]. Исследование Bada-

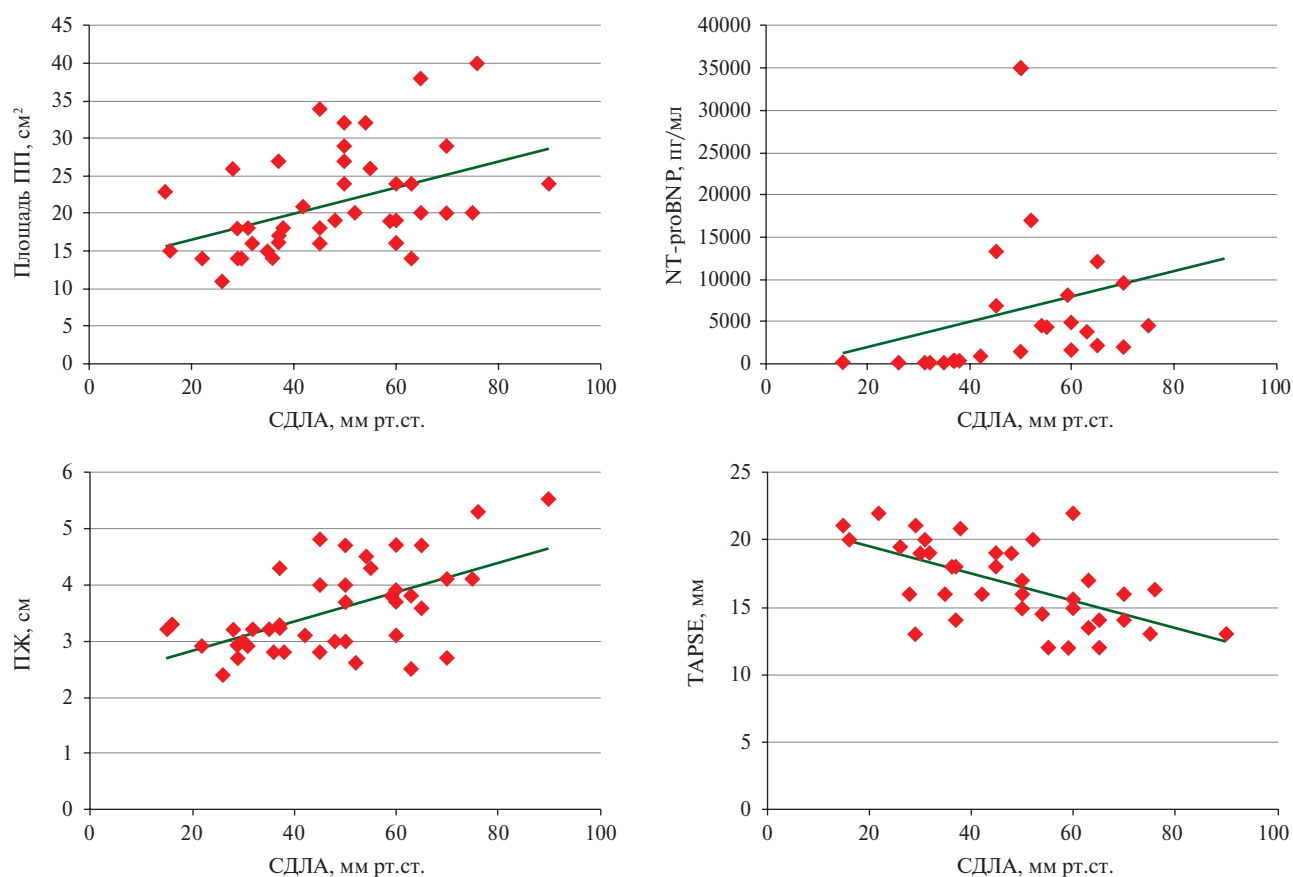


Рис. 3 Корреляционный анализ степени тяжести ЛГ с показателями правых отделов сердца.

Примечание: ПЖ — правый желудочек (поперечный размер) ($r_s=0,421$), ПП — правое предсердие ($r_s=0,510$), СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид ($r_s=0,637$), TAPSE — систолическое движение кольца трикуспидального клапана ($r_s=-0,607$) ($p<0,01$).

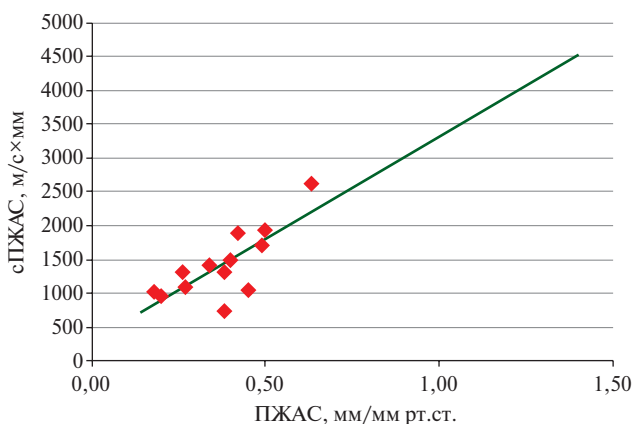


Рис. 4 Корреляционный анализ индексов ПЖАС.

Примечание: ПЖАС — правожелудочково-артериальное сопряжение, рассчитанное в виде соотношения TAPSE/СДЛА; сПЖАС — суррогатный индекс ПЖАС, рассчитанный в виде произведения TAPSE×рАСТ ($r_s=0,832$; $p<0,01$); r_s — коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

gliacca R, et al. (2024) представляет соотношение TAPSE/СДЛА у пациентов с ХСНсФВ в виде значимого маркера-предиктора ЛГ [12].

Наше наблюдение демонстрирует, что независимо от ФВ ЛЖ, усугубление тяжести СДЛА

с ухудшением ФК ЛГ и ФК ХСН приводит к ухудшению работы ПЖ, снижению TAPSE, разобщению ПЖАС и приросту уровня NT-proBNP, как следствие прогрессирования ХСН. Такие пациенты проходят меньшее расстояние по данным ТШХ. Аналогичная тенденция прослеживается во многих исследованиях — так, многофакторная модель стратификации риска смерти при легочной артериальной гипертензии демонстрирует, что при более тяжелом ФК ЛГ показатель ПЖАС и пройденное расстояние ТШХ меньше, а уровень NT-proBNP выше [13]. NT-proBNP коррелирует с гемодинамическими инвазивными параметрами, ЭхоКГ показателями перегрузки ПЖ и расстоянием ТШХ [14]. Guazzi M, et al. продемонстрировали у пациентов с ХСНсФВ уменьшение показателей ПЖАС по мере ухудшения тяжести ФК (NYHA) [11]. У пациентов с прекапиллярной ЛГ уровень ПЖАС был выше у пациентов с ФК I-II, чем при ФК III-IV [15].

Прогрессирующее разобщение в системе ПЖ-ЛА приводят к снижению систолической функции, расширению и диастолической дисфункции ПЖ со снижением его податливости и расслабления. Расширение ПЖ нарушает нормальное расположение сосочковых мышц и прикрепленных к ним хорд,

что приводит к значительной трикуспидальной регургитации, увеличивая давление в ПП и расширяя НПВ [16]. Такой патогенетический ряд прослеживается и в нашем наблюдении: снижение ПЖАС характеризовалось увеличением поперечного размера ПЖ, площади ПП и диаметра НПВ.

Результаты приведенного исследования также демонстрируют, что физическая нагрузка в виде ТШХ сопряжена с повышением СДЛА, TAPSE, ПЖАС, pACT и сПЖАС. Доказано, что динамические упражнения увеличивают легочный кровоток и давление в сосудах малого круга [17]. Так, во время физической нагрузки у пациентов с ЛГ в результате ХСН увеличивается давление заклинивания в ЛА на 14–16 мм рт.ст. [18]. Badagliacca R, et al. (2024) обнаружили, что у 16 из 45 человек с нормальным СДЛА в покое ЛГ появлялась при физической нагрузке [14]. В то же время, на данный момент в литературе отсутствует информация об анализе насосной функции ПЖ или ПЖАС при физической нагрузке.

Нами выявлена еще одна закономерность — те пациенты, у которых ПЖАС был меньше, прошли меньшее расстояние в ТШХ. В крупном исследовании Mukherjee M, et al. (2023), увеличение отношения TAPSE/СДЛА на 1 единицу было связано с увеличением расстояния в ТШХ на 9,9% (от 4,8 до 15,2%) и снижением уровня NT-proBNP на 38% (от 16,0 до 54,2%) [19].

В связи с тем, что "классический" метод определения ПЖАС может быть затруднен в результате ошибок при подсчете СДЛА или неточностью измерения TAPSE при тяжелой трикуспидальной недостаточности, ведется поиск новых более точных суррогатных показателей ПЖАС [20]. Среди них — произведение СДЛА и pACT, где последний является относительно простым и высокочувствительным показателем ЛГ [21]. В исследовании Nagueh SF, et

al. (2020), индекс TAPSE×pACT показал сильную значимую корреляцию с TAPSE/СДЛА ($r_s=0,748$, $p<0,001$) [22], что прослеживалось и в настоящем наблюдении.

Таким образом, соответствие полученных нами результатов с данными ранее проведенных исследований позволяет предположить, что оценка ПЖАС и/или сПЖАС у пациентов с ЛГ в результате ХСН ишемического генеза оправдано и несет значимую диагностическую ценность для верификации ЛГ и оценки тяжести состояния пациента в целом.

Ограничения исследования. Относительно небольшое количество включенных в исследование пациентов и неравномерное их количественное распределение по группам. Не у всех пациентов была доступна четкая визуализация ЛА в парастеральной позиции для измерения pACT, в связи с этим сПЖАС было вычислено у небольшого числа пациентов. Исследование уровня NT-proBNP также было проведено не каждому больному.

Заключение

Исследование состояния правых отделов сердца с оценкой ПЖАС у пациентов с ЛГ, ассоциированной с ХСН ишемического генеза, имеет значимую диагностическую ценность. Уменьшение параметра ПЖАС свидетельствует о разобщении кардиопульмональной системы, увеличении постнагрузки на ПЖ и снижении его компенсаторных возможностей, независимо от ФВ ЛЖ и/или возраста пациента. ПЖАС позволяет дать более полную оценку тяжести состояния пациента с ЛГ на фоне ХСН в целом.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Fomina IG, Georgadze ZO, Sinitsyna MG, et al. Changes in the right ventricle contractility in patients with coronary heart disease and chronic heart failure. Russian Journal of Cardiology. 2000;(1): 21-2. (In Russ.) Фомина И.Г., Георгадзе З.О., Синицина М.Г. и др. Изменения сократимости правого желудочка у больных ишемической болезнью сердца и хронической сердечной недостаточностью. Российский кардиологический журнал. 2000; (1):21-2.
2. Nartsissova GP. The role of the right ventricle in the pathology of cardiovascular system. Patologiya krovoobrashcheniyai kardiokhirurgiya. 2014;(1):32-6. (In Russ.) Нарциссова Г.П. Роль правого желудочка в патологии сердечно-сосудистой системы. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2014;(1): 32-6. doi:10.21688/1681-3472-2014-1-32-36.
3. Ghio S, Guazzi M, Scardovi AB, et al. Different correlates but similar prognostic implications for right ventricular dysfunction in heart failure patients with reduced or preserved ejection fraction. Eur J Heart Fail. 2016;19(7):873-9. doi:10.1002/ehf.664.
4. Mareyeva VA, Klimenko AA, Shostak NA. Chronic Heart Failure and Pulmonary Hypertension: Difficulties in Assessment of Prognosis and Potential Solutions. Rational Pharmacotherapy in Cardiology. 2023;19(1):71-6. (In Russ.) Мареева В.А., Клименко А.А., Шостак Н.А. Хроническая сердечная недостаточность и легочная гипертензия: трудности оценки прогноза и возможные решения. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2023;19(1):71-6. doi:10.20996/1819-6446-2023-01-01.
5. Bartnik A, Pepke-Zaba J, Hoole SP, et al. Right ventricular–pulmonary artery coupling in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Heart. 2023;109:898-904. doi:10.1136/heartjnl-2022-321770.
6. Tello K, Wan J, Dalmer A, et al; TAPSE/PASP as Measure of RV-Arterial Coupling. Circ Cardiovasc Imaging. 2019;12:e009047. doi:10.1161/CIRCIMAGING.119.009047.
7. Richter MJ, Peters D, Ghofrani HA, et al. Evaluation and Prognostic Relevance of Right Ventricular–Arterial Coupling in Pulmonary Hypertension. Am J Respir Crit Care Med. 2011;183(1):116-9. doi:10.1164/rccm.201006-1195LE.
8. Trisvetova EL, Zyalova TS, Ponomarenko IN. Chronic right ventricular heart failure: causes, diagnosis, treatment. Meditsinskie novosti. 2017;(1):31-6. (In Russ.) Трисветова Е.Л., Зыбалова Т.С., Пonomarenko И.Н. Хроническая правожелудочковая сердечная недостаточность: причины, диагностика, лечение. Медицинские новости. 2017;(1):31-6.

- ва Т. С., Пономаренко И. Н. Хроническая правожелудочковая сердечная недостаточность: причины, диагностика, лечение. Медицинские новости. 2017;(1):31-6. EDN XSNXVV.
9. He Q, Lin Y, Zhu Y, et al. Clinical Usefulness of Right Ventricle–Pulmonary Artery Coupling in Cardiovascular Disease. *J Clin Med*. 2023;12:2526. doi:10.3390/jcm12072526.
10. Ikonomidis I, Aboyans V, Blacher J, et al. The role of ventricular–arterial coupling in cardiac disease and heart failure: Assessment, clinical implications and therapeutic interventions. A consensus document of the European Society of Cardiology Working Group on Aorta & Peripheral Vascular Diseases. *Eur J Heart Fail*. 2019;21:402-24. doi:10.1002/ehjhf.1436.
11. Guazzi M, Dixon D, Labate V, et al. RV Contractile Function and its Coupling to Pulmonary Circulation in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Stratification of Clinical Phenotypes and Outcomes. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2017;10:1211-21. doi:10.1016/j.jcmg.2016.12.024.
12. Badagliacca R, Ghio S, Manzi G, et al. Right Ventricular/Pulmonary Artery Coupling in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Clue for Pulmonary Hypertension? *J Am Heart Assoc*. 2024;2;13(1). doi:10.1161/JAHA.123.032639.
13. Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, et al; ESC/ERS Scientific Document Group. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J*. 2022;43(38):3618-731. doi:10.1093/eurheartj/ehac237.
14. Fijalkowska A, Kurzyńska M, Torbicki A, et al. Serum N-terminal brain natriuretic peptide as a prognostic parameter in patients with pulmonary hypertension. *Chest*. 2006;129:1313-21. doi:10.1378/chest.129.5.1313.
15. Li Y, Guo D, Gong J, et al. Right Ventricular Function and Its Coupling with Pulmonary Circulation in Precapillary Pulmonary Hypertension: A Three-Dimensional Echocardiographic Study. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:690606. doi:10.3389/fcvm.2021.690606.
16. Chuchalin AG. The right-sided heart failure. *Russian Pulmonology*. 2019;29(2):135-47. (In Russ.) Чучалин А. Г. Правожелудочковая сердечная недостаточность. Пульмонология. 2019; 29(2):135-47. doi:10.18093/0869-0189-2019-29-2-135-147.
17. Naeije R, Chesler N. Pulmonary circulation at exercise. *Compr Physiol*. 2012;2(1):711-41. doi:10.1002/cphy.c100091.
18. Janicki JS, Weber KT, Likoff MJ, et al. The pressure-flow response of the pulmonary circulation in patients with heart failure and pulmonary vascular disease. *Circulation*. 1985;72:1270-1278. doi:10.1161/01.cir.72.6.1270.
19. Mukherjee M, Ogunmoroti O, Jani V, et al. Characteristics of Right Ventricular to Pulmonary Arterial Coupling and Association With Functional Status Among Older Aged Adults from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Cardiol*. 2023;196:41-51. doi:10.1016/j.amjcard.2023.03.016.
20. Mareyeva VA, Klimenko AA, Shostak NA. Pulmonary hypertension and chronic heart failure: alternative indexes of right ventricular–pulmonary arterial coupling. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2023;19(4):398-402. (In Russ.) Мареева В. А., Клименко А. А., Шостак Н. А. Легочная гипертензия и хроническая сердечная недостаточность: альтернативные индексы правожелудочково-артериального сопряжения. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2023;19(4):398-402. doi:10.20996/1819-6446-2023-2929. EDN JCEAVK
21. Wang Y-C, Huang C-H, Tu Y-K. Pulmonary hypertension and pulmonary artery acceleration time: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(2):201-10. doi:10.1016/j.echo.2017.10.016.
22. Pestelli G, Fiorencis A, Trevisan F, et al. New measures of right ventricle–pulmonary artery coupling in heart failure: An all-cause mortality echocardiographic study. *Int J Cardiol*. 2021;329:234-41. doi:10.1016/j.ijcard.2020.12.057.