

ISSN 1607-419X
ISSN 2411-8524 (Online)
УДК 616.12-008.331.127

Гипертензивная реакция на нагрузку: распространенность и влияние на результаты стресс-эхокардиографии

Е. А. Карев¹, С. Л. Вербило¹,
Э. Г. Малев¹, М. Н. Прокудина²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр
имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

² Общество с ограниченной ответственностью
«Международный центр сердца», Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Карев Егор Андреевич,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: karev_ea@almazovcentre.ru

Статья поступила в редакцию
07.06.20 и принята к печати 26.06.20.

Резюме

Актуальность. Гипертензивная реакция артериального давления (АД) на нагрузку (ГРН) имеет существенное прогностическое значение, являясь предиктором развития у пациента гипертонической болезни и церебральных сосудистых событий. Литературные данные о влиянии ГРН на результаты стресс-эхокардиографии (стресс-ЭхоКГ) противоречивы. **Цель исследования** — оценить частоту возникновения ГРН при проведении стресс-ЭхоКГ на тредмиле у пациентов с известной ишемической болезнью сердца или подозрением на нее и влияние ГРН на результаты исследования. **Материалы и методы.** Были проанализированы результаты 3434 стресс-ЭхоКГ тестов, выполненных в амбулаторном порядке в течение периода 1 месяца (21.01–21.02) каждого года за период с 2007 до 2020 годы. Были изучены частота возникновения ГРН в ходе стресс-ЭхоКГ исследования и взаимосвязь гипертензивной реакции с положительным результатом исследования. **Результаты.** Распространенность ГРН у пациентов, которым была выполнена стресс-ЭхоКГ в разные годы, составила от 8,6% до 41,5% (в среднем за 14 лет — 23,2%), при этом в период с 2015 по 2020 годы доля тестов с ГРН снизилась. Среди пациентов с ГРН положительный тест встречался чаще, чем среди пациентов с адекватной реакцией АД: 40,6% против 31,0% ($\chi^2 = 12,2$, $p = 0,0005$). **Выводы.** Наличие взаимосвязи между реакцией АД на нагрузку и результатами стресс-ЭхоКГ говорит о влиянии ГРН на результаты исследования и необходимости тщательного подбора антигипертензивной терапии перед исследованием.

Ключевые слова: стресс-эхокардиография, артериальная гипертензия, гипертензивная реакция на нагрузку

Для цитирования: Карев Е. А., Вербило С. Л., Малев Э. Г., Прокудина М. Н. Гипертензивная реакция на нагрузку: распространенность и влияние на результаты стресс-эхокардиографии. Артериальная гипертензия. 2020;26(6):648–655. doi:10.18705/1607-419X-2020-26-6-648-655

Hypertensive response to exercise: prevalence and impact on stress echocardiography results

E. A. Karev¹, S. L. Verbilo¹,
E. G. Malev¹, M. N. Prokudina²

¹ Almazov National Medical Research Center,
St Petersburg, Russia

² International Heart Center, St Petersburg, Russia

Corresponding author:

Egor A. Karev,
Almazov National Medical
Research Center,
2 Akkuratov street,
St Petersburg, 197341 Russia.
E-mail: karev_ea@almazovcentre.ru

Received 7 June 2020;
accepted 26 June 2020.

Abstract

Background. Hypertensive response of blood pressure (BP) to exercise has substantial prognostic impact. Hypertensive response to exercise is shown to be a predictor for development of hypertension and stroke. The data concerning hypertensive response to exercise influence on stress echocardiography results are controversial. **Objective.** The aim of the study was to assess the frequency of hypertensive response of BP to exercise and its impact on the result of the stress echocardiography on treadmill in patients with known or suspected ischemic heart disease. **Design and methods.** We analyzed 3434 tests performed in out-patient department during 1 month period (21.01–21.02) of every year since 2007 to 2020. We studied the occurrence of hypertensive response to exercise during exercise stress echocardiography on treadmill and its relation to positive results of the test. **Results.** The prevalence of hypertensive response to exercise varied from 8,6 % to 41,5 % (average in 14-year period — 23,24 %), however, the proportion of tests with hypertensive response to exercise significantly declined in the period from 2015 to 2020 years. Patients with hypertensive response to exercise showed significantly more frequent positive tests in comparison to patients with normotensive BP response: 40,6 % vs 31,0 % ($r = 12,2$, $p = 0,0005$), though yearly analysis showed no correlation between the number of tests with hypertensive response to exercise and number of positive tests ($r = 0,21$; $p = 0,47$). **Conclusions.** Significant correlation between BP response and stress echocardiography results means that hypertensive response to exercise has an impact on the test results, therefore antihypertensive treatment optimization is essential before test.

Key words: stress-echocardiography, hypertension, hypertensive response to exercise

For citation: Karev EA, Verbilo SL, Malev EG, Prokudina MN. Hypertensive response to exercise: prevalence and impact on stress echocardiography results. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2020;26(6):648–655. doi:10.18705/1607-419X-2020-26-6-648-655

Введение

Гипертоническая болезнь (ГБ) чрезвычайно распространена в мире — во взрослой популяции 30–45 % населения имеют критерии заболевания [1]. По данным крупного регистра, при принятии критериев диагностики ГБ, указанных в рекомендациях Американской коллегии кардиологов / Американской ассоциации сердца по диагностике и лечению артериальной гипертензии (АГ) от 2017 года, бремя болезни в популяции Российской Федерации составит

72,1 % [2]. Тщательное обследование пациентов с ГБ может иметь значение с социально-экономической точки зрения. Обследование пациента с АГ начинается с проведения серии измерений артериального давления (АД) в домашних условиях, в условиях амбулаторного приема, при необходимости также проводится суточное мониторирование АД. Обязательными для постановки диагноза также являются исследование глазного дна, оценка микроальбинурии и эхокардиография (ЭхоКГ) [3].

Хорошо известно, что у пациентов с ГБ протокол рутинного обследования при постановке диагноза, как правило, не включает проведение нагрузочных тестов. Более того, в рекомендациях Европейского общества кардиологов по диагностике и лечению АГ прямо говорится о том, что стресс-тесты не могут быть рекомендованы для диагностики ГБ ввиду ряда ограничивающих факторов [4]. В то же время данные некоторых авторов говорят в пользу прогностической значимости гипертензивной реакции АД на нагрузку (ГРН). Так, в статье L. Holmqvist и соавторов (2012) говорится о том, что ГРН может быть предиктором развития ГБ вне зависимости от показателей АД в покое [5].

Наиболее распространенным критерием ГРН в научных публикациях является показатель, полученный во Фремингемском исследовании, имеющем наибольшую выборку среди всех работ, посвященных данной тематике. Объем выборки составил 1978 пациентов, критерии ГРН при тесте на тредмиле по протоколу Bruce обозначены как подъем систолического АД у мужчин ≥ 210 мм рт. ст., у женщин ≥ 190 мм рт. ст. [6]. В то же время у некоторых пациентов при небольшой толерантности к физической нагрузке регистрируется чрезмерно быстрый прирост АД, в связи с чем S. A. Weiss и соавторы (2010) предложили считать подъем АД $\geq 180/90$ мм рт. ст. на второй ступени нагрузки на тредмиле по протоколу Bruce патологическим ответом [7]. Замечено, что у одного и того же пациента показатели АД при проведении велоэргометрии могут оказаться больше, чем при тредмил-тесте [8, 9]. Поэтому для велоэргометрических тестов были введены отличные критерии ГРН, а именно — подъем систолического АД на нагрузке у мужчин ≥ 220 мм рт. ст., у женщин ≥ 200 мм рт. ст. [10]. С учетом того, что у части пациентов отмечается высокое давление непосредственно в начале нагрузки, T. G. Allison и соавторы (1999) определяют ГРН как подъем систолического АД по отношению к исходному у мужчин ≥ 60 мм рт. ст., у женщин ≥ 50 мм рт. ст. [11]. При проведении фармакологического стресс-теста с добутамином пороговым значением для ГРН принято считать систолическое АД ≥ 182 мм рт. ст., диастолическое АД ≥ 96 мм рт. ст. [12].

Большинство авторов сходятся во мнении, что изолированная ГРН является предиктором развития ГБ у пациентов, ранее ее не имевших [13–17].

R. Mizuno и соавторы (2016) продемонстрировали, что у пациентов с ГРН выявляется большая масса миокарда левого желудочка (ЛЖ) в сравнении с субъектами с нормотензивной реакцией [18].

Немаловажная роль отводится возникающей эндотелиальной дисфункции, принимающей непо-

средственное участие в механизме развития ГРН и являющейся самостоятельным неблагоприятным прогностическим маркером [19].

Помимо связи с естественным развитием и течением ГБ, ГРН также ассоциирована с повышением риска сердечно-сосудистых осложнений [20]. В частности, у пациентов с ГРН чаще выявляются ультразвуковые признаки атеросклероза брахиоцефальных артерий [21] и чаще возникают острые нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу [22]. Более того, O. Prada-Delgado и соавторы (2015) показали, что у пациентов с ГРН и отсутствием поражения коронарных артерий стресс-индуцированная дисфункция ЛЖ является предиктором кардиоваскулярных событий [23].

Цель исследования — изучить частоту возникновения ГРН при проведении стресс-ЭхоКГ на тредмиле у пациентов с известной или предполагаемой ишемической болезнью сердца (ИБС) и оценить взаимосвязь ГРН с результатами исследования.

Материалы и методы

Был проведен анализ частоты возникновения ГРН у пациентов, направленных на стресс-ЭхоКГ в амбулаторном порядке в ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России в течение периода 1 месяца каждого года с 2007 до 2020 года. В качестве стандартного анализируемого интервала мы выбрали периоды с 21 января по 21 февраля каждого года, так как данный интервал является стабильным по количеству рабочих дней и не содержит государственных праздников. Стресс-ЭхоКГ была выполнена на тредмиле T-2100 (GE Healthcare, США), запись ультразвуковых изображений осуществлялась на ультразвуковом аппарате GE Vivid 7 (GE Healthcare, США). У подавляющего большинства пациентов стресс-тест проводился на тредмиле по стандартному протоколу Bruce, при этом измерение систолического и диастолического АД производилось ручным тонометром, как правило, на левой руке в покое, на каждой ступени нагрузки и в восстановительном периоде. Все исследования были разделены на тесты с нормотензивной и с ГРН в соответствии с вышеуказанными критериями Framingham и Weiss для стресс-ЭхоКГ на тредмиле [6, 7].

Статистическая обработка данных

Часть данных представлена как среднее $\pm$ стандартное отклонение, часть — как абсолютные числа и доли пациентов с различными результатами теста и различными типами реакции АД на нагрузку. Для оценки различий между группами по частоте изучаемого признака использованы таблицы сопря-

женности с критерием χ^2 . Линейная взаимосвязь двух количественных переменных оценивалась с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Статистическая обработка данных была выполнена при помощи программы Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., США).

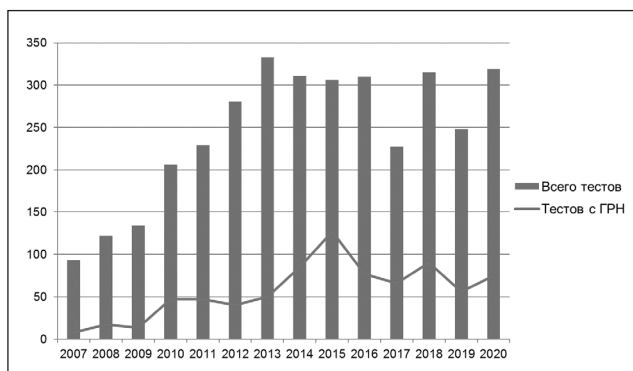
Результаты

Общее количество проанализированных тестов составило 3434.

В период с 2007 по 2012 годы количество выполняемых в ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России тестов амбулаторным пациентам увеличивалось. Начиная с 2012 года, на графике регистрируется плато со средним количеством $294,4 \pm 35,4$ выполняемых за месяц тестов. Пропорционально увеличивалось количество тестов с ГРН (рис. 1), их доля достигла своего пика в 2015 году (41,5%). В период же с 2015 по 2020 годы доля тестов с ГРН значительно снизилась: 2016 — 24,8% ($\chi^2 = 9,73$, $p = 0,0018$); 2017 — 29,1% ($\chi^2 = 4,15$; $p = 0,0417$); 2018 — 28,6% ($\chi^2 = 5,51$, $p = 0,018$); 2019 — 22,6% ($\chi^2 = 11,39$, $p = 0,0007$); 2020 — 23,5% ($\chi^2 = 11,84$, $p = 0,0006$). Также наблюдалась взаимосвязь между общим количеством тестов и количеством тестов с ГРН по годам ($r = 0,8$, $p = 0,001$).

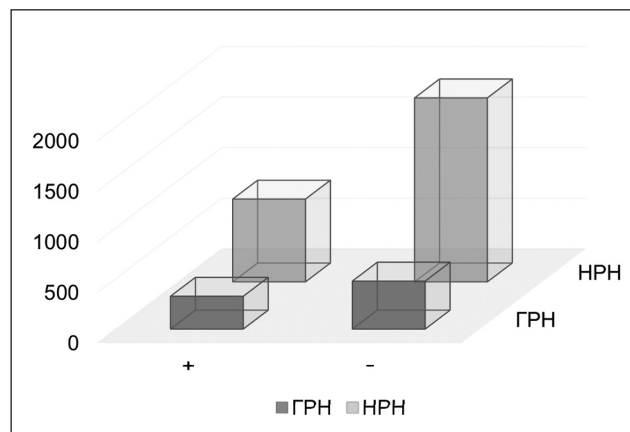
Из 3434 стресс-ЭхоКГ за 14 лет положительными оказались 1166, что составило 33,95%. При этом среди пациентов с ГРН положительный тест встречался значительно чаще, чем среди пациентов с адекватной реакцией: 40,6% против 31,03%, ($\chi^2 = 12,2$, $p = 0,0005$) (рис. 2). Во все без исключения годы процент положительных тестов у пациентов, имевших ГРН, был выше, чем процент положительных тестов у пациентов без ГРН, однако данные отличия

Рисунок 1. Динамика общего количества тестов, выполняемых амбулаторным пациентам за 1 месяц в кабинете стресс-эхокардиографии, и количества тестов с гипертензивной реакцией артериального давления на нагрузку за период 2007–2020 годов



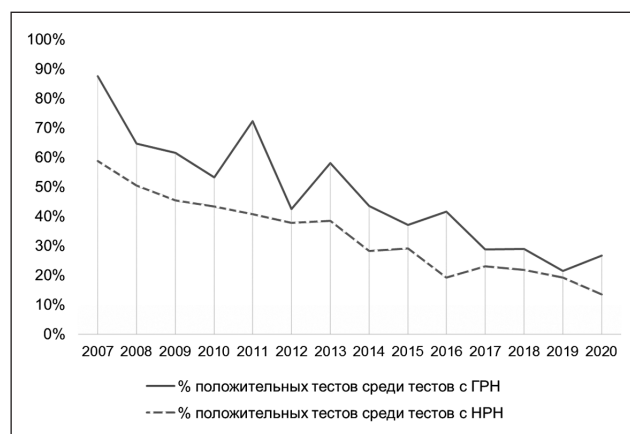
Примечание: ГРН — гипертензивная реакция артериального давления на нагрузку.

Рисунок 2. Количество положительных тестов при гипертензивной и нормальной реакции артериального давления на нагрузку суммарно за период 2007–2020 годов



Примечание: «+» и «-» — положительный и отрицательный результат стресс-эхокардиографии; ГРН и НРН - гипертензивная и нормальная реакция артериального давления на нагрузку.

Рисунок 3. Доли положительных тестов при гипертензивной и нормальной реакции артериального давления на нагрузку за 1 месяц за период 2007–2020 годов



Примечание: ГРН — гипертензивная реакция артериального давления на нагрузку; НРН — нормальная реакция артериального давления на нагрузку.

оказались значимыми ($p < 0,05$) только в некоторые годы (табл., рис. 3).

Обсуждение

При стресс-ЭхоКГ ГРН наблюдалась у большого количества наших пациентов — в среднем у каждого четвертого. Это можно объяснить отбором пациентов на данное исследование — наличием известной ИБС или предполагаемой ИБС в сочетании с ГБ.

Механизм возникновения ГРН как патологического феномена сложен и многогранен. R. H. Fagard и соавторы (1996) говорят об отсутствии адекватной редукции общего периферического сосудистого сопротивления в ответ на нагрузку у этих

КОЛИЧЕСТВО ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕСТОВ С ГИПЕРТЕНЗИВНОЙ И НОРМАЛЬНОЙ РЕАКЦИЕЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА НАГРУЗКУ СУММАРНО ЗА ВСЕ ГОДЫ

Год	Количество тестов	Количество и доля (%) тестов с гипертензивной реакцией артериального давления на нагрузку	Количество и доля (%) положительных тестов	χ^2*	p-значение
2007	93	8 (8,6%)	57 (31,29%)	2,53	0,1114
2008	122	17 (13,93%)	64 (52,46%)	1,19	0,2758
2009	134	13 (9,7%)	68 (64,18%)	1,22	0,2696
2010	206	47 (22,82%)	94 (45,63%)	1,4	0,2362
2011	229	47 (20,52%)	108 (47,16%)	15,05	0,0001
2012	281	40 (14,23%)	108 (38,43%)	0,33	0,5681
2013	333	50 (15,02%)	138 (41,44%)	6,65	0,0099
2014	311	85 (27,33%)	101 (32,48%)	6,52	0,0107
2015	306	127 (41,5%)	99 (32,35%)	2,15	0,1426
2016	310	77 (24,84%)	96 (30,97%)	15,34	0,0001
2017	227	66 (29,07%)	56 (24,67%)	0,85	0,3568
2018	315	90 (28,57%)	75 (23,81%)	1,79	0,1807
2019	248	56 (22,58%)	49 (19,76%)	0,13	0,7212
2020	319	75 (23,51%)	53 (16,61%)	7,15	0,0075
За все годы	3434	798 (23,24%)	1166 (33,95%)	25,27	< 0,00001

Примечание: * — при сравнении количества положительных тестов у пациентов с гипертензивной и нормальной реакцией артериального давления на нагрузку.

пациентов [24]. G. Thanassoulis и соавторы (2012) утверждают, что ГРН обладает более сложным механизмом, включающим два основных компонента, — это повышенная жесткость сосудистой стенки и эндотелиальная дисфункция, причем первый механизм превалирует у пожилых людей, а второй, напротив, у молодых людей [25]. Из биохимических механизмов возникновения ГРН в литературе имеются данные о повышении уровня ангиотензина II в крови на пике нагрузки [26], а также об уменьшении выработки NO в эндотелии сосудов, что приводит к снижению вазодилаторного резерва во время физической нагрузки [27]. S. Y. Jae и соавторы (2006) высказали предположение, что ГРН может быть ассоциирована с повышенным уровнем маркеров воспаления, а именно — с уровнем лейкоцитоза [28].

Среди наиболее распространенных в литературе объяснений систолической дисфункции ЛЖ в ответ на ГРН предлагается механизм, согласно которому глобальная субэндокардиальная ишемия возникает из-за несоответствия между потреблением миокардом кислорода и его доставкой при повышении двойного произведения (систолическое АД $\times$ частота сердечных сокращений). Кроме того, известно, что развитие гипертрофии ЛЖ приводит к снижению вазодилаторного резерва коронарных артерий, которое, в свою очередь, получает отражение в виде патологического повышения сосудистого сопротивления на уровне микроциркуляторного русла

миокарда и, как следствие, вызывает глобальную субэндокардиальную ишемию при ГРН.

Несмотря на то, что вопрос клинической трактовки ГРН не до конца ясен, по данным литературы нами было найдено немало работ, посвященных клиническим последствиям данного феномена. И, напротив, были обнаружены лишь две публикации одной группы авторов, свидетельствующих об отсутствии прогностической значимости ГРН [29, 30].

Негативное влияние повышенной пост-нагрузки на систолическую функцию ЛЖ продемонстрировано в эксперименте [31] и в клиническом исследовании [32], причем степень ГРН (прирост как систолического, так и диастолического АД) может иметь обратную корреляцию со специфичностью стресс-ЭхоКГ.

В исследовании P. Mottram и соавторов (2004) у 41 пациента с ГРН в сравнении с 17 пациентами с адекватной реакцией АД на нагрузку наблюдались меньшие значения показателей продольной деформации и скорости деформации в режиме тканевой доплерографии и циклической вариабельности интегрированного обратного рассеяния (integrated backscatter) при стресс-ЭхоКГ, причем ГРН была ассоциирована со скрытой систолической дисфункцией вне зависимости от наличия АГ в покое, гипертрофии ЛЖ и значимой диастолической дисфункции [33]. J. H. Shin и соавторы (2003) свидетельствуют о том, что подобные нарушения сократимости миокарда в ответ на ГРН чаще наблюдаются у женщин [34].

Противоположной точки зрения придерживаются Т. L. Jurgens и соавторы (2012). Так, в исследовании среди 508 пациентов, которым были выполнены стресс-ЭхоКГ и коронарография, не было выявлено значимой разницы в частоте ложноположительных результатов стресс-теста между группами пациентов с ГРН и адекватной реакцией на нагрузку [35]. S. Abram и соавторы (2017) сделали вывод о том, что частота выявления стенозов коронарных артерий $\geq 50\%$ не отличается у пациентов с ГРН и адекватной реакцией на нагрузку при тесте с добутамином, а частота выявления значимых стенозов коронарных артерий ($\geq 70\%$) выше у пациентов с ГРН [36].

Таким образом, влияние ГРН на показатели систолической функции ЛЖ является очевидным и научно обоснованным, однако вопрос подхода к ведению пациентов с изолированной ГРН в текущих клинических рекомендациях не рассматривается. На данный момент можно говорить о том, что пациенты с ГРН и признаками некорригированной АГ в покое, несомненно, требуют коррекции антигипертензивной терапии согласно рекомендациям ESC по лечению АГ. В то же время нужно учитывать, что, несмотря на отсутствие прямых указаний на необходимость терапии изолированной ГРН, ряд исследований продемонстрировали негативный прогностический эффект данного феномена.

Согласно нашим данным, число тестов с ГРН росло пропорционально общему количеству выполняемых тестов и достигло своего пика в 2015 году (41,5% среди всех выполненных тестов), а в период с 2015 по 2020 годы доля тестов с ГРН снизилась. Вероятно, это может объясняться более эффективным медикаментозным лечением пациентов с ГБ и ИБС.

В нашем исследовании частота положительных результатов теста у пациентов с ГРН оказалась существенно выше, чем у пациентов с адекватной реакцией на нагрузку при оценке за весь анализируемый период и в отдельные годы.

Исходя из этого, можно предположить, что пациенты с ГРН чаще имеют обструктивное поражение коронарного русла или же преходящие нарушения регионарной сократимости, обусловленные самой ГРН даже при отсутствии гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий. Обе эти гипотезы находят поддержку в литературе. Действительно, многие авторы свидетельствуют о том, что пациенты с ГРН имеют менее благоприятный профиль сердечно-сосудистых рисков и более выраженное поражение органов-мишеней. Также существуют опубликованные исследования, говорящие о возможности возникновения нарушений сокра-

тимости у пациентов с ГРН даже при отсутствии обструктивного поражения коронарных артерий [30]. Таким образом, ГРН, согласно полученным данным, имеет непосредственное влияние на результат стресс-ЭхоКГ.

В рекомендациях Американского общества эхокардиографии (ASE) по проведению стресс-ЭхоКГ в разделе, посвященном ГРН, авторы утверждают, что пациентов с ГРН и положительным результатом стресс-ЭхоКГ стоит вести так же, как и всех остальных пациентов с положительным результатом теста [37]. С одной стороны, авторы, ссылаясь на ранее упомянутое нами исследование J. На и соавторов (2002), признают гипотезу о недостаточной специфичности стресс-индуцированных нарушений сократимости ЛЖ у пациентов с ГРН в отношении коронарных стенозов [32]. С другой стороны, в работе А. М. From и соавторов (2010) пациенты с ГРН, напротив, не имеют более высокой вероятности положительного результата теста, а у тех пациентов, у которых зарегистрирован положительный результат стресс-ЭхоКГ, в большинстве случаев выявлены стенозы коронарных артерий при коронарографии [38]. К недостаткам данного исследования относится то, что оно было ограничено одним центром, и только у 20% пациентов с положительным результатом стресс-ЭхоКГ была выполнена коронарография.

Таким образом, полученные нами на большом многолетнем материале данные свидетельствуют о значимом влиянии реакции АД в ходе стресс-ЭхоКГ на ее результаты, что согласуется с результатами других исследований и может оказать влияние на долгосрочный прогноз у этой категории пациентов.

Выводы

1. Распространенность ГРН при проведении стресс-ЭхоКГ в разные годы колебалась от 8,6% до 41,5% (в среднем 23,2% от всех тестов), при этом уменьшение доли тестов с ГРН за период 2015–2020 годов свидетельствует о более эффективном медикаментозном лечении пациентов с предполагаемой или доказанной ИБС.

2. Влияние гипертензивной реакции АД на результаты стресс-ЭхоКГ в диагностике ИБС свидетельствует о необходимости тщательного подбора антигипертензивной терапии перед пробой.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Chow CK, Teo KK, Rangarajan S, Islam S, Gupta R, Avezum A et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in rural and urban communities in high-, middle-, and low-income countries. *J Am Med A.* 2013;310(9):959–968. doi:10.1001/jama.2013.184182.
2. Ерина А. М., Ротарь О. П., Солнцев В. Н., Шальнова С. А., Деев А. Д., Баранова Е. И. и др. Эпидемиология артериальной гипертензии в Российской Федерации — важность выбора критериев диагностики. *Кардиология.* 2019;59(6):5–11. [Erina AM, Rotar OP, Solntsev VN, Shalnova SA, Deev AD, Baranova EI et al. Epidemiology of arterial hypertension in Russian Federation — importance of choice of criteria of diagnosis. *Kardiologiya.* 2019;59(6):5–11. In Russian]. doi:10.18087/cardio.2019.6.2595
3. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020;25(3):3786. doi:10.15829/1560-4071-2020-3-3786 [Arterial hypertension in adults. Clinical guidelines 2020. *Russ J Cardiol.* 2020;25(3):3786. In Russian].
4. Williams B, Mancia G, Spiering W, Rosei EA, Azizi M, Burnier M et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). *Eur Heart J.* 2018;39(33). doi:10.1093/eurheartj/ehy339
5. Holmqvist L, Mortensen L, Kanckos C, Ljungman C, Mehlig K, Manhem K. Exercise blood pressure and the risk of future hypertension. *J Hum Hypertens.* 2012;26(12):691–695. doi:10.1038/jhh.2011.99
6. Lauer MS, Levy D, Anderson KM, Plehn JF. Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? The Framingham Heart Study. *Ann Intern Med.* 1992;116(3):203–210. doi:10.7326/0003-4819-116-3-203
7. Weiss SA, Blumenthal RS, Sharrett AR, Redberg RF, Mora S. Exercise blood pressure and future cardiovascular death in asymptomatic individuals. *Circulations.* 2010;121(19):2109–2116. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.895292
8. Balogun MO, Sulyman BO, Akinwusi PO. A comparison of the cardiovascular responses to treadmill and bicycle ergometer exercise in healthy male Nigerians. *Afr J Med Med Sci.* 1997;26(1–2):27–30.
9. Yadav A, Bagi J. A study to evaluate cardiovascular responses by using treadmill and ergometer bicycle exercise in young adults. *Indian J Health Sciences Biomedical Res (KLEU).* 2018;11:81–85. doi:10.4103/kleuhsj.kleuhsj_89_17
10. Tanaka H, Bassett DR, Michael J. Turner exaggerated blood pressure response to maximal exercise in endurance-trained individuals. *Am J Hypertens.* 1996;9(11):1099–1103. doi:10.1016/0895-7061(96)00238-5
11. Allison TG, Cordeiro MA, Miller TD, Daida H, Squires RW, Gau GT. Prognostic significance of exercise-induced systemic hypertension in healthy subjects. *Am J Cardiol.* 1999;83(3):371–375. doi:10.1016/s0002-9149(98)00871-6
12. Abram S, Arruda-Olson AM, Scott CG, Pellicka PA, Nkomo VT, Oh JK et al. Typical blood pressure response during dobutamine stress echocardiography of patients without known cardiovascular disease who have normal stress echocardiograms. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;17(5):557–556. doi:10.1093/ehjci/jev165
13. Tsumura K, Hayashi T, Hamada C, Endo G, Fujii S, Okada K. Blood pressure response after two-step exercise as a powerful predictor of hypertension: the Osaka Health Survey. *J Hypertens.* 2002;20(8):1507–1512. doi:10.1097/00004872-200208000-00012
14. Manolio TA, Burke GL, Savage PJ, Sidney S, Gardin JM, Oberman A. Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study. *Am J Hypertens.* 1994;7(3):234–241. doi:10.1093/ajh/7.3.234
15. Filipovský J, Ducimetière P, Safar ME. Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle-aged men. *Hypertension.* 1992;20(3):333–339. doi:10.1161/01.hyp.20.3.333
16. Miyai N, Arita M, Morioka I, Miyashita K, Nishio I, Takeda S. Exercise blood pressure response in subjects with high-normal blood pressure: exaggerated blood pressure response to exercise and risk of future hypertension in subjects with high-normal blood pressure. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(5):1626–1631. doi:10.1016/s0735-1097(00)00903-7
17. Wilson MF, Sung BH, Pincomb GA, Lovullo WR. Exaggerated pressure response to exercise in men at risk for systemic hypertension. *Am J Cardiol.* 1990;66(7):731–736. doi:10.1016/0002-9149(90)91139-w
18. Mizuno R, Fujimoto S, Saito Y, Yamazaki M. Clinical importance of detecting exaggerated blood pressure response to exercise on antihypertensive therapy. *Heart.* 2016;102(11):849–854. doi:10.1136/heartjnl-2015-308805
19. Stewart KJ, Sung J, Silber HA, Fleg JL, Kelemen MD, Turner KL et al. Exaggerated exercise blood pressure is related to impaired endothelial vasodilator function. *Am J Hypertens.* 2004;17(4):314–320. doi:10.1016/S0895-7061(03)01003-3
20. Tzemos N, Lim PO, Mackenzie IS, MacDonald TM. Exaggerated exercise blood pressure response and future cardiovascular disease. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2015;17(11):837–844. doi:10.1111/jch.12629.
21. Jae SY, Fernhall B, Heffernan KS, Kang M, Lee MK, Choi YH et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with carotid atherosclerosis in apparently healthy men. *J Hypertens.* 2006;24(5):881–887. doi:10.1097/01.hjh.0000222758.54111.e2
22. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke.* 2001;32(9):2036–2041. doi:10.1161/hs0901.095395
23. Prada-Delgado O. Prognostic value of exercise-induced left ventricular systolic dysfunction in hypertensive patients without coronary artery disease. *Rev Esp Cardiol.* 2015;68(2):107–114. doi:10.1016/j.rec.2014.03.023
24. Fagard RH, Pardaens K, Staessen JA, Thijs L. Prognostic value of invasive hemodynamic measurements at rest and during exercise in hypertensive men. *Hypertension.* 1996;28(1):31–36. doi:10.1161/01.hyp.28.1.31
25. Thanassoulis G, Lyass A, Benjamin EJ, Larson MG, Vita JA, Levy D et al. Relations of exercise blood pressure response to cardiovascular risk factors and vascular function in the Framingham Heart Study. *Circulation.* 2012;125(23):2836–2843. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.063933
26. Shim CY, Ha JW, Park S, Choi EY, Choi D, Rim SJ et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with augmented rise of angiotensin II during exercise. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52(4):287–292. doi:10.1016/j.jacc.2008.03.052
27. Tzemos N, Lim PO, MacDonald TM. Is exercise blood pressure a marker of vascular endothelial function? *QJM: International J Med.* 2002;95(7):423–429. doi:10.1093/qjmed/95.7.423
28. Jae SY, Fernhall B, Lee M, Heffernan KS, Lee MK, Choi YH et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with inflammatory markers. *J Cardiopulm Rehabil.* 2006;26(3):145–149. doi:10.1097/00008483-200605000-00005
29. Fagard R, Staessen J, Thijs L, Amery A. Prognostic significance of exercise versus resting blood pressure in hypertensive men. *Hypertension.* 1991;17(4):574–578. doi:10.1161/01.hyp.17.4.574

30. Fagard RH, Pardaens K, Staessen JA, Thijs L. Prognostic value of invasive hemodynamic measurements at rest and during exercise in hypertensive men. *Hypertension*. 1996;28(1):31–36. doi:10.1161/01.hyp.28.1.31

31. Donal E, Bergerot C, Thibault H, Ernande L, Loufoua J, Augeul L et al. Influence of afterload on left ventricular radial and longitudinal systolic functions: a two-dimensional strain imaging study. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(8):914–921. doi:10.1093/ejchocard/jep095

32. Ha J, Juracan E, Mahoney D, Oh JK, Shub C, Seward JB et al. Hypertensive response to exercise: a potential cause for new wall motion abnormality in the absence of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(2):323–327. doi:10.1016/s0735-1097(01)01743-0

33. Mottram PM, Haluska B, Yuda S, Leano R, Marwick TH. Patients with a hypertensive response to exercise have impaired systolic function without diastolic dysfunction or left ventricular hypertrophy. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(5):848–853. doi:10.1016/j.jacc.2003.08.057

34. Shin JH, Shiota T, Kim YJ, Kwan J, Qin JX, Eto Y et al. False-positive exercise echocardiograms: impact of sex and blood pressure response. *Am Heart J*. 2003;146(5):914–919. doi:10.1016/S0002-8703(03)00410-1

35. Jurrens TL, From AM, Kane GC, Mulvagh SL, Pellikka PA, McCully RB. An exaggerated blood pressure response to treadmill exercise does not increase the likelihood that exercise echocardiograms are abnormal in men or women. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25(10):1113–1119. doi:10.1016/j.echo.2012.07.001

36. Abram S, Arruda-Olson A, Scott C, Pellikka P, Nkomo V, Oh J et al. Frequency, predictors, and implications of abnormal blood pressure responses during dobutamine stress echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017;10: e005444. doi:10.1161/CIRCIMAGING.116.005444

37. Pellikka PA, Arruda-Olson A, Chaudhry FA, Chen MH, Marshall JE, Porter TR et al. Guidelines for performance, interpretation, and application of stress echocardiography in ischemic heart disease: From the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(1):1–41.e8. doi:10.1016/j.echo.2019.07.001

38. From AM, Kane G, Bruce C, Pellikka PA, Scott C, McCully RB. Characteristics and outcomes of patients with abnormal stress echocardiograms and angiographically mild coronary artery disease (< 50 % stenoses) or normal coronary arteries. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(2):207–14.126. doi:10.1016/j.echo.2009.11.023

Информация об авторах

Карев Егор Андреевич — врач функциональной диагностики, врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, ORCID: 0000–0002–2176–4611, e-mail: karev_ea@almazovcentre.ru;

Вербилло Сергей Леонидович — врач функциональной диагностики, врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, ORCID: 0000–0002–6035–9344, e-mail: verbilo_sl@almazovcentre.ru;

Малев Эдуард Геннадиевич — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории соединительнотканых дисплазий Института сердца и сосудов ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, ORCID: 0000–0002–6168–8895, e-mail: malev@almazovcentre.ru;

Прокудина Мария Николаевна — доктор медицинских наук, врач-кардиолог, Президент ООО «Международный центр сердца», ORCID: 0000–0003–4360–7622, e-mail: info@corpsb.ru.

Author information

Egor A. Karev, MD, Functional Diagnostics Specialist, Cardiologist, Almazov National Medical Research Center, ORCID: 0000–0002–2176–4611, e-mail: karev_ea@almazovcentre.ru;

Sergey L. Verbilo, MD, Functional Diagnostics Specialist, Cardiologist, Almazov National Medical Research Center, ORCID: 0000–0002–6035–9344, e-mail: verbilo_sl@almazovcentre.ru;

Eduard G. Malev, MD, PhD, DSc, Leading Researcher, Research Laboratory for Connective Tissue Dysplasia, Heart and Vessels Institute, Almazov National Medical Research Center, ORCID: 0000–0002–6168–8895, e-mail: malev@almazovcentre.ru;

Maria N. Prokudina, MD, PhD, DSc, Cardiologist, President, International Heart Center, ORCID: 0000–0003–4360–7622, e-mail: info@corpsb.ru.