



## ИНДУКЦИЯ НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОГО РИТМА НА ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

Д.О. Шелег, Р.С. Богачёв, Л.В. Михайлова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», ул. А. Невского, 14, Калининград, Российская Федерация, 236016

### Основные положения

- Проведено сравнение частоты возникновения нарушений сердечного ритма во время велоэргометрии у пациентов, страдающих и не страдающих ишемической болезнью сердца. Проанализирована их диагностическая значимость в диагностике данного заболевания, в том числе отдельно для мужчин и женщин.

<b>Цель</b>	Определение диагностической значимости индуцированных физической нагрузкой нарушений сердечного ритма (НСР) во время велоэргометрии (ВЭМ) у пациентов с подозрением на наличие ишемической болезни сердца (ИБС).
<b>Материалы и методы</b>	Для проведения ретроспективного исследования согласно критериям включения и исключения отобраны 384 истории болезни пациентов, выписанных из кардиологического отделения в период с 2011 по 2020 г. Изучены данные ВЭМ и коронароангиографии. Исследована взаимосвязь возникновения индукции различных типов НСР при проведении ВЭМ и наличия нарушения кровотока по коронарным артериям. Определены показатели диагностической значимости НСР в выявлении ИБС, такие как чувствительность, специфичность, прогностическая ценность положительного и отрицательного результатов, в том числе отдельно для мужчин и женщин. Оценена статистическая значимость результатов.
<b>Результаты</b>	Статистически значимо специфичность и прогностическая ценность положительного результата для индукции желудочковых НСР без учета редких одиночных мономорфных желудочковых экстрасистол в диагностике ИБС у мужчин составили 83,5 и 73,1%. Те же показатели для желудочковых НСР без учета всех одиночных желудочковых экстрасистол у мужчин составили 95,3 и 82,6% соответственно.
<b>Заключение</b>	Индукция у мужчин желудочковых НСР на ВЭМ, за исключением редких одиночных мономорфных желудочковых экстрасистол, диагностически значима в выявлении ИБС и позволяет квалифицировать результат ВЭМ как положительный. Индукция других НСР на ВЭМ не показала диагностической значимости в выявлении ИБС как у мужчин, так и женщин.
<b>Ключевые слова</b>	Ишемическая болезнь сердца • Велоэргометрия • Нарушения сердечного ритма • Экстрасистолия

Поступила в редакцию: 08.07.2023; поступила после доработки: 18.08.2023; принята к печати: 06.09.2023

## INDUCTION OF CARDIAC ARRHYTHMIAS DURING BICYCLE ERGOMETRY IN THE DIAGNOSIS OF CORONARY HEART DISEASE

D.O. Sheleg, R.S. Bogachev, L.V. Mikhailova

Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevsky St., Kaliningrad, Russian Federation, 236016

### Highlights

- The frequency of arrhythmias during bicycle ergometry was compared in patients with and without coronary heart disease. Their diagnostic significance in diagnosing this disease was analyzed separately for men and women.

Для корреспонденции: Дмитрий Олегович Шелег, sch994@rambler.ru; адрес: ул. А. Невского, 14, Калининград, Российская Федерация, 236016

Corresponding author: Dmitry O. Sheleg, sch994@rambler.ru; address: 14, A. Nevsky St., Kaliningrad, Russian Federation, 236016

<b>Aim</b>	To determine the diagnostic significance of exercise-induced cardiac arrhythmias (CAs) during bicycle ergometry (BEM) in patients with suspected coronary heart disease (CHD).
<b>Methods</b>	For the retrospective study, 384 case histories of patients discharged from the cardiology department between 2011 and 2020 were selected according to the inclusion and exclusion criteria. The data of BEM and coronary angiography were studied. The correlation between the occurrence of induction of different types of CAs during BEM and the presence of coronary artery blood flow abnormalities was investigated. Indicators of the diagnostic significance of CAs in the diagnosis of coronary artery disease, such as sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) results, were determined separately for men and women. The statistical significance of the results was assessed.
<b>Results</b>	Statistically significant specificity and PPV for the induction of ventricular arrhythmias (VAs) without taking into account rare single monomorphic ventricular extrasystoles (VEs) in the diagnosis of CHD in men were 83.5% and 73.1%, respectively. The same indicators for VAs, excluding all single VEs, were 95.3% and 82.6% in men.
<b>Conclusion</b>	The induction of VAs in men on BEM, with the exception of rare single monomorphic VEs, is diagnostically significant in the detection of CHD and allows us to qualify the result of BEM as “positive”. The induction of other CAs on BEM has not shown diagnostic significance in the detection of CHD.
<b>Keywords</b>	Bicycle ergometry • Cardiac arrhythmias • Cardiology • Coronary heart disease • Extrasystoles • Functional diagnostics

*Received: 08.07.2023; received in revised form: 18.08.2023; accepted: 06.09.2023*

#### Список сокращений

ВЭМ – велоэргометрия	КАГ – коронароангиография
ЖЭ – желудочковые экстрасистолы	НЖЭ – наджелудочковые экстрасистолы
ИБС – ишемическая болезнь сердца	НСР – нарушения сердечного ритма

#### Введение

Несмотря на совершенствование проводимых лечебных и профилактических мероприятий, эпидемиологическая значимость заболеваемости ишемической болезнью сердца (ИБС) и смертности от нее в течение последних лет остается на высоком уровне [1]. В структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний основная доля приходится именно на ИБС и, по российским данным, составляет около 27%. Среди всех больных ИБС ежегодная смертность от сердечно-сосудистых осложнений находится на уровне 0,6–1,4% [2]. В этой связи повышение точности диагностического процесса у лиц с подозрением на ИБС – одна из главных задач современной медицины.

Проведение неинвазивных функциональных проб в диагностике ИБС особенно рекомендовано лицам с промежуточной предтестовой вероятностью, то есть тогда, когда диагноз ИБС ставится под сомнение [3]. Наиболее физиологичной разновидностью провокации, позволяющей в полной мере оценить полноценность компенсаторно-при-

способительных механизмов организма, является физическая нагрузка, в частности динамическая [4]. Несмотря на то что в настоящее время в качестве первоначального метода диагностики ИБС показано использование функциональных визуализирующих методик, например стресс-эхокардиографии, [3, 5], при их недоступности альтернативой по-прежнему могут быть электрокардиографические пробы с дозированной физической нагрузкой [3, 6], к которым относятся тредмил-тест и велоэргометрия (ВЭМ). Следует отметить, что данные пробы имеют и некоторые преимущества, связанные с возможностью предоставления информации о возникновении нарушений сердечного ритма (НСР) при проведении обследования, что считается клинически полезным [6]. Индуцированные НСР на ВЭМ могут свидетельствовать о наличии ишемии миокарда, так как вследствие повышения потребности миокарда в кислороде провоцируется и эктопическая активность [4]. Представляется целесообразным с научной и практической точек зрения обозначить роль индукции НСР в диагностике

нарушения кровотока в коронарных артериях у пациентов без диагностически значимого результата по динамике сегмента ST.

**Целью исследования** явилось определение диагностической значимости индуцированных физической нагрузкой НСР во время проведения ВЭМ у пациентов с подозрением на наличие ИБС.

### Материалы и методы

Проведено ретроспективное исследование, в рамках которого отобраны медицинские карты стационарных больных (истории болезни) и проанализирована содержащаяся в них информация. Объектом исследования явились данные пациентов, выписанных из отделения кардиологии 1 ГБУЗ «Областная клиническая больница Калининградской области» в течение 10 лет – в период с 1 января 2011 г. по 31 декабря 2020 г. Всего согласно критериям включения и исключения для исследования отобраны 384 истории болезни. Все больные давали информированное добровольное согласие на медицинское вмешательство при поступлении в стационар.

**Критериями включения** в исследование явились:

1. Выполнение ЭКГ в покое в рамках текущей госпитализации.

2. Выполнение ВЭМ в рамках текущей госпитализации.

3. Информативность результата ВЭМ, то есть соблюдено хотя бы одно из нижеперечисленных условий:

- а) в процессе выполнения физической работы пациенту удалось достичь субмаксимальной частоты сердечных сокращений для своего возраста;

- б) до достижения субмаксимальной частоты сердечных сокращений возникли признаки положительного теста по динамике сегмента ST;

- в) до достижения субмаксимальной частоты сердечных сокращений возникла индукция значимых НСР (частая мономорфная наджелудочковая и/или желудочковая экстрасистолия, полиморфная желудочковая экстрасистолия, пароксизмальная наджелудочковая и/или желудочковая тахикардия, фибрилляция и/или трепетание предсердий и/или желудочков).

4. ВЭМ проводилась на фоне трехдневной отмены приема антиангинальной терапии.

5. Выполнение селективной коронароангиографии (КАГ) с внутривенным болюсным контрастированием в рамках текущей госпитализации.

**Критериями исключения** из исследования явились:

1. Наличие исходных изменений на ЭКГ в покое, затрудняющих трактовку результатов ВЭМ, таких как полная блокада левой ножки пучка Гиса или ритм электрокардиостимулятора.

2. Наличие желудочковых или наджелудочковых НСР на исходной ЭКГ в покое.

3. Указание в анамнезе на чрескожное коронарное вмешательство.

4. Указание в анамнезе на коронарное шунтирование.

5. Диагноз при поступлении – острый коронарный синдром.

У всех пациентов изучены данные ВЭМ и КАГ, проведенных во время госпитализации. При исследовании результатов ВЭМ оценены как динамика сегмента ST, так и НСР, возникшие во время исследования. Для квалификации результатов ВЭМ-теста по динамике сегмента ST как положительного или отрицательного использованы рекомендации Американской коллегии кардиологов и Американской кардиологической ассоциации (ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing) [7].

С целью обнаружения наличия или отсутствия объективных признаков нарушения кровотока по коронарным артериям проведен анализ результатов КАГ у исследованных лиц. В качестве признаков ИБС учитывались как стенозы коронарных артерий предположительно атеросклеротического или атеротромботического генеза, так и другие изменения, такие как аномалии развития (гипоплазии), аномалии отхождения, мышечные мостики и кинкинг коронарных артерий. Поскольку КАГ проводилась в плановом порядке и никому из пациентов не выполнялось чрескожное коронарное вмешательство, в каждом случае больным вводилась одинаковая доза рентгеноконтрастных средств (100 мл) через катетер в лучевой артерии.

### Статистический анализ

Все полученные данные кодировались и вносились в табличном формате в программу редактора электронных таблиц Microsoft Excel 2010 (Microsoft Office, США), где в последующем проходил их дальнейший статистический анализ. Анализ непрерывных и номинальных данных выполнен различным образом. Непрерывные переменные представлены в виде медианы и межквартильных интервалов (Me, 25%; 75%). Достоверность различий непрерывных данных оценена с помощью U-теста Манна – Уитни. Номинальные данные представлены в виде относительных частот объектов исследования (n, %). Для оценки различий номинальных данных использован тест Фишера. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (p) принимали равным 0,05. При p<0,05 различия считались статистически значимыми.

### Результаты

Характеристика включенных в исследование пациентов приведена в табл. 1. Различие возраста исследованных мужчин и женщин являлось статистически значимым (p<0,01).

Расчет частоты различных типов индуцированных НСР среди всех включенных в исследование больных представлен отдельно для желудочковых НСР, в том числе желудочковых экстрасистол (ЖЭ) (табл. 2), и отдельно для наджелудочковых НСР, в том числе наджелудочковых экстрасистол (НЖЭ) (табл. 3).

Следует отметить, что среди всех включенных в исследование пациентов были те, у которых НСР на ВЭМ возникали уже при низких уровнях физической нагрузки (25 Вт), то есть еще на первой ступени.

**Таблица 1.** Основные половозрастные характеристики пациентов

**Table 1.** Main gender and age characteristics of patients

Показатель / Parameter	Количество / Number, n (%)	Возраст / Age, Me (25%; 75%)
Мужчины / Men	228 (59,4)	57 (52; 62)
Женщины / Women	156 (40,6)	59 (55; 63)
Все пациенты / All patients	384 (100)	58 (53; 63)

**Таблица 2.** Структура индуцированных желудочковых НСР среди всех пациентов (n = 384)

**Table 2.** Structure of induced VAs among all patients (n = 384)

Характеристика / Characteristic	Количество случаев / Number of cases, n (%)
Редкие мономорфные ЖЭ с частотой менее 1 ЖЭ в минуту или менее 5 ЖЭ за весь период исследования / Rare monomorphic VEs with a frequency of less than 1 VE per minute, or less than 5 VEs over the entire study period	70 (18,2)
Частые мономорфные ЖЭ с частотой 1 в минуту или более или 5 ЖЭ или более за весь период исследования / Frequent monomorphic VEs with a frequency of 1 per minute or more, or 5 VEs or more over the entire study period	49 (12,8)
Парные мономорфные ЖЭ / Paired monomorphic VEs	7 (1,8)
Полиморфные ЖЭ / Polymorphic VEs	17 (4,4)
Пароксизм неустойчивой желудочковой тахикардии (менее 30 секунд) / Paroxysmal non-sustained ventricular tachycardia (less than 30 seconds)	9 (2,3)
Пароксизм устойчивой желудочковой тахикардии (более 30 секунд) / Paroxysmal non-sustained ventricular tachycardia (more than 30 seconds)	0 (0,0)
Пароксизм трепетания желудочков / Paroxysm of ventricular flutter	0 (0,0)
Пароксизм фибрилляции желудочков / Paroxysm of ventricular fibrillation	0 (0,0)
<b>Итого / Total</b>	<b>152 (40,0)</b>

**Примечание:** ЖЭ – желудочковые экстрасистолы; НСР – нарушения сердечного ритма.

**Note:** VA – ventricular arrhythmia; VE – ventricular extrasystole.

Проведено сравнение структуры индуцированных НСР у пациентов с верифицированным по данным КАГ нарушением кровотока по коронарным артериям и без него (табл. 4, 5).

В структуре поражения коронарных артерий среди всех пациентов с индукцией желудочковых НСР (n = 152) можно отметить следующее: 40% (n = 61) больных имели хотя бы один стеноз величиной 70% или более в крупной коронарной артерии; 3% (n = 5) имели хотя бы один стеноз величиной 40–69% в крупной коронарной артерии; 15% (n = 22) имели хотя бы один стеноз величиной менее 40% в крупной коронарной артерии или другие изменения коронарных артерий, описанные ранее; 42% (n = 64) не имели изменений в коронарных артериях.

В структуре поражения коронарных артерий среди всех пациентов с индукцией наджелудочковых НСР (n = 100) можно отметить следующее: 33% (n = 33) больных имели хотя бы один стеноз величиной 70% или более в крупной коронарной артерии; 7% (n = 7) имели хотя бы один стеноз величиной 40–69% в крупной коронарной артерии; 8% (n = 8) имели хотя бы один стеноз величиной менее 40% в крупной коронарной артерии или другие изменения коронарных артерий, описанные ранее; 52% (n = 52) не имели изменений в коронарных артериях.

Проведен расчет показателей диагностической значимости индукций НСР в выявлении ИБС. Среди таких показателей определены чувствительность, специфичность, прогностическая ценность

**Таблица 3.** Структура индуцированных наджелудочковых НСР среди всех пациентов (n = 384)

**Table 3.** Structure of induced SVAs among all patients (n = 384)

Характеристика / Characteristic	Количество случаев / Number of cases, n (%)
Редкие НЖЭ в количестве менее 10 за весь период исследования / Rare SVEs less than 10 during the entire study period	51 (13,3)
Частые НЖЭ в количестве 10 или более за весь период исследования / Frequent SVEs of 10 or more over the entire study period	35 (9,1)
Пароксизм наджелудочковой тахикардии / Paroxysm of supraventricular tachycardia	12 (3,1)
Пароксизм трепетания предсердий / Paroxysm of atrial flutter	0 (0,0)
Пароксизм фибрилляции предсердий / Paroxysm of atrial fibrillation	1 (0,3)
Пароксизм трепетания и фибрилляции предсердий / Paroxysmal flutter and atrial fibrillation	1 (0,3)
<b>Итого / Total</b>	<b>100 (26,0)</b>

**Примечание:** НЖЭ – наджелудочковые экстрасистолы; НСР – желудочковые нарушения сердечного ритма.

**Note:** SVA – supraventricular arrhythmia; SVE – supraventricular extrasystole.

положительного и отрицательного результатов (табл. 6).

Также рассчитаны показатели диагностической значимости индукций желудочковых НСР в выявлении ИБС отдельно для мужчин и женщин (табл. 7). Подобных расчетов для наджелудочковых НСР не проводилось ввиду выявленной их явной незначимости в диагностике заболевания.

## Обсуждение

Часто практикующим врачам при трактовке

заключения ВЭМ у пациента с промежуточной предстесовой вероятностью (15–65%) приходится иметь дело с динамикой сегмента ST и зубца T. Однако иногда встречаются ситуации, при которых диагностически значимой динамики сегмента ST у пациента не выявляется, при том что присутствуют НСР. Как правило, врачи в таких ситуациях руководствуются своим клиническим опытом, так как в отечественной медицинской литературе и клинических рекомендациях четко не описан алгоритм квалификации таких тестов, хотя некоторые зару-

**Таблица 4.** Структура индуцированных желудочковых НСР среди пациентов с ИБС (n = 211) и без нее (n = 173)  
**Table 4.** Structure of induced VAs among patients with CHD (n = 211) and patients without CHD (n = 173)

Характеристика / Characteristic	Количество случаев среди пациентов с ИБС / Number of cases among patients with CHD, n (%)	Количество случаев среди пациентов без ИБС / Number of cases among patients without CHD, n (%)
Редкие мономорфные ЖЭ с частотой менее 1 ЖЭ в минуту или менее 5 ЖЭ за весь период исследования / Rare monomorphic VEs with a frequency of less than 1 VE per minute, or less than 5 VEs over the entire study period	36 (17,1)	34 (19,7)
Частые мономорфные ЖЭ с частотой 1 в минуту или более или 5 ЖЭ или более за весь период исследования / Frequent monomorphic VEs with a frequency of 1 per minute or more, or 5 VEs or more over the entire study period	29 (13,7)	20 (11,6)
Парные мономорфные ЖЭ / Paired monomorphic VEs	4 (1,9)	3 (1,7)
Полиморфные ЖЭ / Polymorphic VEs	13 (6,2)	4 (2,3)
Пароксизм неустойчивой желудочковой тахикардии (менее 30 секунд) / Paroxysmal non-sustained ventricular tachycardia (less than 30 seconds)	6 (2,8)	3 (1,7)
<b>Итого / Total</b>	<b>88 (41,7)</b>	<b>64 (37,0)</b>

**Примечание:** ЖЭ – желудочковые extrasистолы; ИБС – ишемическая болезнь сердца; НСР – нарушения сердечного ритма.  
**Note:** CHD – coronary heart disease; VA – ventricular arrhythmia; VE – ventricular extrasystole.

**Таблица 5.** Структура индуцированных наджелудочковых НСР среди пациентов с ИБС (n = 211) и без нее (n = 173)  
**Table 5.** Structure of induced SVAs among patients with CHD (n = 211) and patients without CHD (n = 173)

Характеристика / Characteristic	Количество случаев среди пациентов с ИБС / Number of cases among patients with CHD, n (%)	Количество случаев среди пациентов без ИБС / Number of cases among patients without CHD, n (%)
Редкие НЖЭ в количестве менее 10 за весь период исследования / Rare SVEs less than 10 during the entire study period	30 (14,2)	21 (12,1)
Частые НЖЭ в количестве 10 или более за весь период исследования / Frequent SVEs of 10 or more over the entire study period	15 (7,1)	20 (11,6)
Пароксизм наджелудочковой тахикардии / Paroxysm of supraventricular tachycardia	2 (0,9)	10 (5,8)
Пароксизм фибрилляции предсердий / Paroxysm of atrial fibrillation	1 (0,5)	0 (0,0)
Пароксизм трепетания и фибрилляции предсердий / Paroxysmal flutter and atrial fibrillation	0 (0,0)	1 (0,6)
<b>Итого / Total</b>	<b>48 (22,7)</b>	<b>52 (30,1)</b>

**Примечание:** ИБС – ишемическая болезнь сердца; НЖЭ – наджелудочковые extrasистолы; НСР – нарушения сердечного ритма.  
**Note:** CHD – coronary heart disease; SVA – supraventricular arrhythmia; SVE – supraventricular extrasystole.

бежные авторы более подробно сообщают о том, что наличие желудочковых НСР на ВЭМ часто свидетельствует об ИБС [8].

Действительно, полученные результаты указывают на то, что индуцированные физической нагрузкой наджелудочковые НСР не должны играть существенной роли в интерпретации полученных на ВЭМ данных, если речь идет о диагностике ИБС. Хотя, несомненно, существует достаточно большое количество патологий, при которых воз-

можно их возникновение, что необходимо учитывать. Авторы не исключают возможной необходимости проведения дополнительного исследования индукции наджелудочковых НСР на ВЭМ на более крупной выборке пациентов в связи с неоднозначными результатами.

При изначальном планировании исследования ожидалось, что показатели диагностической значимости по индукции одних и тех же НСР будут схожими у мужчин и женщин, в отличие от по-

**Таблица 6.** Анализ показателей диагностической значимости индуцированных на ВЭМ НСР в выявлении ИБС  
**Table 6.** Analysis of indicators of the diagnostic significance of BEM-induced CAs in the detection of CHD

НСР / CA	Ч / SN, %	С / SP, %	ПЦПР / PPV, %	ПЦОР / NPV, %	Уровень значимости / Significance level
Диагностически значимая динамика сегмента ST / Diagnostically significant dynamics of the ST segment	68,3	55,5	65,2	58,9	p<0,01
Все желудочковые НСР / All VAs	41,7	63,0	57,9	47,0	p>0,05
Все желудочковые НСР, за исключением редких одиночных мономорфных ЖЭ / All VAs, except rare single monomorphic VEs	24,6	82,6	63,4	47,4	p<0,05
Все желудочковые НСР за исключением всех одиночных мономорфных ЖЭ / All VAs, except all single monomorphic VEs	10,9	92,4	69,7	46,4	p<0,05
Все наджелудочковые НСР / All SVAs	22,7	69,9	48,0	42,6	p>0,05
Все наджелудочковые НСР за исключением редких НЖЭ / All SVAs, except rare SVEs	8,5	82,1	36,7	42,4	p<0,01

**Примечание:** ЖЭ – желудочковые экстрасистолы; НЖЭ – наджелудочковые экстрасистолы; НСР – нарушения сердечного ритма; ПЦОР – прогностическая ценность отрицательных результатов; ПЦПР – прогностическая ценность положительных результатов; С – специфичность; Ч – чувствительность.

**Note:** CA – cardiac arrhythmia; NPV – negative predictive value; PPV – positive predictive value; SN – sensitivity; SP – specificity; SVA – supraventricular arrhythmia; SVE – supraventricular extrasystole; VA – ventricular arrhythmia; VE – ventricular extrasystole.

**Таблица 7.** Анализ показателей диагностической значимости индуцированных на ВЭМ НСР в выявлении ИБС у мужчин и женщин  
**Table 7.** Analysis of indicators of the diagnostic significance of BEM-induced CAs in the detection of coronary artery disease for men and women

Пол / Gender	НСР / CA	Ч / SN, %	С / SP, %	ПЦПР / PPV, %	ПЦОР / NPV, %	Уровень значимости / Significance level
Мужчины / Men	Диагностически значимая динамика сегмента ST / Diagnostically significant dynamics of the ST segment	65,0	58,8	72,7	50,0	p<0,01
	Все желудочковые НСР / All VAs	44,1	62,4	66,3	39,9	p>0,05
	Все желудочковые НСР за исключением редких одиночных мономорфных ЖЭ / All VAs, except rare single monomorphic VEs	26,7	83,5	73,1	40,3	p<0,05
	Все желудочковые НСР за исключением всех одиночных мономорфных ЖЭ / All VAs, except all single monomorphic VEs	13,3	95,3	82,6	39,5	p<0,05
Женщины / Women	Диагностически значимая динамика сегмента ST / Diagnostically significant dynamics of the ST segment	75,0	52,3	54,8	73,0	p<0,01
	Все желудочковые НСР / All VAs	36,8	63,6	43,9	56,6	p>0,05
	Все желудочковые НСР за исключением редких одиночных мономорфных ЖЭ / All VAs, except rare single monomorphic VEs	20,6	81,8	46,7	57,1	p>0,05
	Все желудочковые НСР за исключением всех одиночных мономорфных ЖЭ / All VAs, except all single monomorphic VEs	5,9	93,2	40,0	56,2	p>0,05

**Примечание:** ЖЭ – желудочковые экстрасистолы; НСР – нарушения сердечного ритма; ПЦОР – прогностическая ценность отрицательных результатов; ПЦПР – прогностическая ценность положительных результатов; С – специфичность; Ч – чувствительность.

**Note:** CA – cardiac arrhythmia; NPV – negative predictive value; PPV – positive predictive value; SN – sensitivity; SP – specificity; VA – ventricular arrhythmia; VE – ventricular extrasystole.

казателей диагностической значимости по динамике сегмента ST, которые у мужчин и женщин отличаются (что согласуется с литературными данными) [4]. Тем не менее после обработки данных выявлено, что хорошо прослеживается связь между индукцией желудочковых НСР на ВЭМ и ИБС, особенно у мужчин. В свете полученных результатов возникновение в процессе физической работы частых ЖЭ, особенно парных, полиморфных ЖЭ или коротких пароксизмов ЖТ, у мужчин можно расценивать как признак положительного результата теста, а у женщин – как признак сомнительного результата. Возможно, это связано с тем, что распространенность желудочковых НСР, в том числе ЖЭ, в целом выше среди мужчин, чем женщин [9], и это соотношение частот сохраняется при физической нагрузке. Индукция желудочковых НСР именно при выполнении физической работы может указывать на факт зависимости их возникновения от повышения потребности миокарда в кислороде, а взаимосвязь именно этих НСР с ИБС, возможно, кроется в особенностях ремоделирования миокарда преимущественно желудочков (как правило, левого) при данном заболевании [10]. Необходимо также указать, что ни у кого из пациентов, включенных в исследование, не были диагностированы по результатам обследования нижеуказанные заболевания, которые могли бы являться у них причиной индукции желудочковых НСР на ВЭМ: гипертрофическая, дилатационная или рестриктивная кардиомиопатии, миокардит, миокардитический кардиосклероз, а также врожденные или приобретенные пороки сердца высоких степеней, что позволяет более объективно оценивать полученные результаты.

Стоит отметить, что среди всех пациентов с изменениями в коронарных артериях индукция всех НСР чаще возникала у лиц, имевших выраженные гемодинамически значимые стенозы (70% и более), чем у лиц с менее значимыми поражениями. Несмотря на это, имеется умеренный процент тех, у кого индукция НСР (в том числе желудочковых) возникла при отсутствии поражения коронарных артерий. Тем не менее это не опровергает тот факт, что полученные статистические результаты позволяют ассоциировать индукцию желудочковых НСР и ИБС с определенной долей достоверности.

Возможность квалификации теста как положительного на основе индуцированных значимых желудочковых НСР позволит врачу более уверенно на амбулаторном этапе оказания медицинской помощи назначать такому пациенту необходимое медикаментозное лечение ИБС еще до подтверждения диагноза с помощью КАГ или другого метода исследования (если, например, пациент имеет вазоспастическую или микроваскулярную стенокардию). Даже в случае, если диагноз не под-

твердится, в данной ситуации соотношение «риск – польза» будет перевешивать в сторону трактовки пациента как страдающего ИБС. Тем не менее, по мнению авторов статьи, перед направлением пациента на более углубленное инвазивное обследование для подтверждения ИБС по-прежнему нужно руководствоваться не только формальными результатами неинвазивных функциональных проб, но и оценивать пациента в комплексе его клинической картины и результатов других лабораторных и инструментальных методов исследования, так как сохраняется вероятность как ложноположительных, так и ложноотрицательных результатов.

### Заключение

Среди всех исследованных пациентов желудочковые НСР на ВЭМ выявлены в 40,0% случаев, а наджелудочковые – в 26,0% случаев. Доля индукции желудочковых НСР на ВЭМ преобладает среди больных ИБС по сравнению с лицами без ИБС (41,7 и 37,0% соответственно). При этом только 22,7% пациентов с ИБС имели индукцию наджелудочковых НСР на ВЭМ.

Диагностическое значение в выявлении ИБС имеет индукция желудочковых НСР на ВЭМ за исключением редких одиночных мономорфных ЖЭ. Статистически значимо специфичность индукции данных НСР в диагностике ИБС составила 82,6%, а прогностическая ценность положительных результатов – 63,4%. У мужчин данные показатели составили 83,5 и 73,1%, а специфичность и прогностическая ценность положительных результатов для желудочковых НСР за исключением всех одиночных ЖЭ – 95,3 и 82,6% соответственно. При этом среди женщин достоверно не определена диагностическая значимость желудочковых НСР в диагностике ИБС. Таким образом, наличие умеренных или выраженных желудочковых НСР при стресс-ЭКГ позволяет квалифицировать данный результат у мужчин как положительный, а у женщин – как сомнительный. Наджелудочковые НСР, индуцированные на ВЭМ, не показали диагностического значения в выявлении ИБС в данном исследовании, поэтому рекомендовано воздерживаться от их использования для квалификации результатов ВЭМ.

### Конфликт интересов

Д.О. Шелег заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Богачёв заявляет об отсутствии конфликта интересов. Л.В. Михайлова заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

**Информация об авторах**

*Шелег Дмитрий Олегович*, ассистент кафедры терапии медицинского института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-2931-5383

*Богачёв Роберт Стефанович*, доктор медицинских наук, профессор заведующий кафедрой терапии медицинского института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9651-0018

*Михайлова Лариса Викторовна*, кандидат медицинских наук доцент кафедры терапии медицинского института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-5070-5955

**Author Information Form**

*Sheleg Dmitry O.*, assistant at the Department of Internal Medicine, Medical Institute, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Immanuel Kant Baltic Federal University", Kaliningrad, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-2931-5383

*Bogachev Robert S.*, PhD, Head of the Department of Internal Medicine, Medical Institute, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Immanuel Kant Baltic Federal University", Kaliningrad, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9651-0018

*Mikhailova Larisa V.*, PhD, Associate Professor, Department of Internal Medicine, Medical Institute, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Immanuel Kant Baltic Federal University", Kaliningrad, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-5070-5955

**Вклад авторов в статью**

*ШДО* – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*БРС* – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*МЛВ* – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

**Author Contribution Statement**

*ShDO* – contribution to the concept and design of the study, data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

*BRS* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*MLV* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Макаров С.А., Максимов С.А., Шаповалова Э.Б., Стряпчев Д.В., Артамонова Г.В. Смертность от болезней системы кровообращения в Кемеровской области и Российской Федерации в 2000 – 2016 годах. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019; 8 (2): 6-11. doi:10.17802/2306-1278-2019-8-2-6-11

2. Российское кардиологическое общество (РКО) .. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020;25(11):4076. doi: 10.15829/1560-4071-2020-4076

3. Knuuti Ju., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano Ch., Prescott E., Storey R.F., Deaton Ch., Cuisset T., Agewall S., Dickstein K., Edvardsen T., Escaned Ja., Gersh B.J., Svitil P., Gilard M., Hasdai D., Hatala R., Mahfoud F., Masip J., Muneretto C., Valgimigli M., Achenbach S., Vax J.J. Рекомендации ESC по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома 2019. Рабочая группа Европейского кардиологического общества по диагностике и лечению хронических коронарных синдромов. Российский кардиологический журнал. 2020; 25(2): С.119-182. doi: 10.15829/1560-4071-2020-2-3757

4. Тавровская Т.В. Велоэргометрия: практическое пособие для врачей. СПб.: ИНКАРТ; 2007. 208 с.

5. Zacharias K., Ahmed A., Shah B.N., Gurunathan S., Young G., Acosta D., Senior R. Relative clinical and economic impact of exercise echocardiography vs. exercise electrocardiography, as first line investigation in patients without known coronary artery disease and new stable angina: a randomized prospective study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017;18(2):195-202. doi: 10.1093/ehjci/jew049.

6. Knuuti J., Ballo H., Juarez-Orozco L.E., Saraste

A., Kolh P., Rutjes A.W.S., Jüni P., Windecker S., Bax J.J., Wijns W. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. Eur Heart J. 2018;39(35):3322-3330. doi: 10.1093/eurheartj/ehy267.

7. Gibbons R.J., Balady G.J., Bricker J.T., Chaitman B.R., Fletcher G.F., Froelicher V.F., Mark D.B., McCallister B.D., Mooss A.N., O'Reilly M.G., Winters W.L., Gibbons R.J., Antman E.M., Alpert J.S., Faxon D.P., Fuster V., Gregoratos G., Hiratzka L.F., Jacobs A.K., Russell R.O., Smith S.C.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). J Am Coll Cardiol. 2002;40(8):1531-40. doi: 10.1016/s0735-1097(02)02164-2. Erratum in: J Am Coll Cardiol. 2006;48(8):1731

8. Zipes D.P., Libby P., Bonow R.O., Mann D.L., Tomaselli G.F., editors. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 11-th ed. Elsevier; 2018.

9. Загонская Е.В., Матюшин Г.В., Гоголашвили Н.Г. Распространённость и клиническое значение нарушений ритма сердца. Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2017; 3(3):403-408. doi: 10.20996/1819-6446-2017-13-3-403-408

10. Дмитриев В.Л., Фокин А.А., Манойлов А.Е. Ремоделирование левого желудочка у больных с ишемической болезнью сердца в патогенезе желудочковой экстрасистолии. Скорая медицинская помощь. 2001; 2(3):18-19.

## REFERENCES

1. Makarov S.A., Maksimov S.A., Shapovalova E.B., Stryapchev D.S., Artamonova G.V. Mortality from circulatory system diseases in the Kemerovo region and the Russian Federation in 2000 – 2016. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2019; 8 (2): C. 6-11. doi:10.17802/2306-1278-2019-8-2-6-11 (In Russian)
2. Russian Society of Cardiology (RSC) .. 2020 Clinical practice guidelines for Stable coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):4076. doi: 10.15829/1560-4071-2020-4076 (In Russian)
3. Knuuti Ju., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano Ch., Prescott E., Storey R.F., Deaton Ch., Cuisset T., Agewall S., Dickstein K., Edvardsen T., Escaned Ja., Gersh B.J., Svitil P., Gilard M., Hasdai D., Hatala R., Mahfoud F., Masip J., Muneretto C., Valgimigli M., Achenbach S., Bax J.J. ESC Guidelines for Diagnosis and Treatment of Chronic Coronary Syndrome 2019. The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25(2): P.133-135. doi: 10.15829/1560-4071-2020-2-3757 (In Russian)
4. Tavrovskaya T.V. Bicycle ergometry: a practical guide for doctors. St. Petersburg: INKART; 2007. (In Russian)
5. Zacharias K., Ahmed A., Shah B.N., Gurunathan S., Young G., Acosta D., Senior R. Relative clinical and economic impact of exercise echocardiography vs. exercise electrocardiography, as first line investigation in patients without known coronary artery disease and new stable angina: a randomized prospective study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(2):195-202. doi: 10.1093/ehjci/jew049.
6. Knuuti J., Ballo H., Juarez-Orozco L.E., Saraste A., Kolh P., Rutjes A.W.S., Jüni P., Windecker S., Bax J.J., Wijns W. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. *Eur Heart J*. 2018;39(35):3322-3330. doi: 10.1093/eurheartj/ehy267.
7. Gibbons R.J., Balady G.J., Bricker J.T., Chaitman B.R., Fletcher G.F., Froelicher V.F., Mark D.B., McCallister B.D., Mooss A.N., O'Reilly M.G., Winters W.L., Gibbons R.J., Antman E.M., Alpert J.S., Faxon D.P., Fuster V., Gregoratos G., Hiratzka L.F., Jacobs A.K., Russell R.O., Smith S.C.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(8):1531-40. doi: 10.1016/s0735-1097(02)02164-2. Erratum in: *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(8):1731
8. Zipes D.P., Libby P., Bonow R.O., Mann D.L., Tomaselli G.F., editors. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 11-th ed. Elsevier; 2018.
9. Zatonskaya E.V., Matyushin G.V., Gogolashvili N.G. Prevalence and clinical significance of cardiac arrhythmias. *Rational pharmacotherapy in cardiology*. 2017; 3(3):403-408. doi: 10.20996/1819-6446-2017-13-3-403-408 (In Russian)
10. Dmitriev V.L., Fokin A.A., Manoilov A.E. Remodeling of the left ventricle in patients with coronary heart disease in the pathogenesis of ventricular extrasystoles. *Emergency*. 2001; 2(3):18-19. (In Russian)

---

*Для цитирования:* Шелег Д.О., Богачёв Р.С., Михайлова Л.В. Индукция нарушений сердечного ритма на велоэргометрии в диагностике ишемической болезни сердца. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2023;12(4): 200-208. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-4-200-208

*To cite:* Sheleg D.O., Bogachev R.S., Mikhailova L.V. Induction of cardiac arrhythmias during bicycle ergometry in the diagnosis of coronary heart disease. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2023;12(4): 200-208. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-4-200-208

---