

# Оригинальные исследования

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2022

Масленникова О.М.<sup>1</sup>, Ардашев В.Н.<sup>1</sup>, Новиков Е.М.<sup>1</sup>, Степанов М.М.<sup>1</sup>, Стеблецов С.В.<sup>1</sup>, Кириллова Т.Б.<sup>1</sup>, Тарабарина Н.Б.<sup>1</sup>, Перец Е.М.<sup>1</sup>, Фурсов А.Н.<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА ПРЕДТЕСТОВОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ПО ДАННЫМ ДИСПЕРСИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ И АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

<sup>1</sup>ФГБУ «Клиническая больница №1» (Волынская) Управления делами Президента РФ, 121352, Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России, 105094, Москва, Россия

По состоянию на февраль 2022 г. существует несколько валидированных шкал предтестовой вероятности ишемической болезни сердца (ИБС), представленных в клинических рекомендациях разных кардиологических сообществ (шкалы G.A. Diamond и J.S. Forrester; Duke, ESC 2019). Несмотря на их разнообразие, в них отсутствуют четкие количественные критерии и основываются они на субъективной оценке болевого синдрома, описываемого пациентом, его поле и возрасте. Целью данного исследования стала оценка возможностей вариабельности сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ для предтестовой оценки вероятности ИБС. Нами проведено обследование 81 пациента (средний возраст  $61,48 \pm 13,00$  года) с подозрением на ИБС. Всем пациентам проведена пятиминутная запись ЭКГ с построением дисперсионного картирования ЭКГ и оценкой вариабельности сердечного ритма. Каждому исследуемому выполнена коронарография (в течение 12 мес. до или после нагрузочной пробы) для верификации поражения коронарного русла. При анализе сопоставления результатов коронарографии и дисперсионного картирования ЭКГ сформированы и изучены 3 группы пациентов: группа А — стенозирование коронарных артерий более 50% ( $n = 18$ ), В — стенозирование коронарных артерий менее 50% ( $n = 16$ ) и С — без поражения коронарных артерий ( $n = 21$ ). Отмечено, что чем выраженнее стеноз коронарных артерий, тем выше индекс микроальтераций «Миокард» и Т-альтернация миокарда, ниже функциональный резерв миокарда. Учитывая, что для выполнения дисперсионного картирования ЭКГ требуется непродолжительная (тридцатисекундная) запись ЭКГ высокого разрешения, данный метод может быть использован в качестве скрининга для отбора пациентов высокого риска ИБС и проведения нагрузочной пробы. Нами предложено направлять пациентов на нагрузочную пробу при наличии двух из трех признаков: индекс микроальтерации «Миокард» (ИММ)  $\geq 22\%$ , функциональный резерв  $\leq 70\%$ , Т-альтернация  $\geq 18\%$  (AUC ROC равен 0,718). Повысить чувствительность и специфичность представленного метода можно с помощью добавления в формулу показателей из анализа вариабельности сердечного ритма (частоты сердечных сокращений, HF, LF) и возраста пациента (AUC ROC равен 0,929).

Ключевые слова: ЭКГ; дисперсионное картирование; вариабельность сердечного ритма; предтестовая вероятность; ишемическая болезнь сердца.

Для цитирования: Масленникова О.М., Ардашев В.Н., Новиков Е.М., Степанов М.М., Стеблецов С.В., Кириллова Т.Б., Тарабарина Н.Б., Перец Е.М., Фурсов А.Н. Оценка предтестовой вероятности ишемической болезни сердца по данным дисперсионного картирования электрокардиограммы и анализа вариабельности сердечного ритма. *Клиническая медицина*. 2022;100(4-5):178-184. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-4-5-178-184>

Для корреспонденции: Новиков Егор Михайлович — e-mail: [dr.enovikov@gmail.com](mailto:dr.enovikov@gmail.com)

Maslennikova O.M.<sup>1</sup>, Ardashev V.N.<sup>1</sup>, Novikov E.M.<sup>1</sup>, Stepanov M.M.<sup>1</sup>, Stebletsov S.V.<sup>1</sup>, Kirillova T.B.<sup>1</sup>, Tarabarina N.B.<sup>1</sup>, Perets E.M.<sup>1</sup>, Fursov A.N.<sup>2</sup>

## ASSESSMENT OF THE PRE-TEST PROBABILITY OF ISCHEMIC HEART DISEASE ACCORDING TO THE DATA OF DISPERSION MAPPING OF AN ELECTROCARDIOGRAM AND ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY

<sup>1</sup>Clinical Hospital No. 1 (Volynskaya) of the Administration of the President of the Russian Federation, 121352, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko of the Ministry of Defense of Russia, 105094, Moscow, Russia

February 2022 est., there were several validated ischemic heart disease (IHD) pretest probability scales presented in the clinical guidelines of various cardiology communities (G.A. Diamond and J.S. Forrester; Duke, ESC 2019 scales). Despite their diversity, they lacked clear quantitative criteria and were based on a subjective assessment of the pain syndrome described by a patient, their gender and age. The purpose of this study was to investigate the possibilities of heart rate variability and ECG dispersion mapping for pre-test assessment of the probability of coronary artery disease. We studied 81 patients (mean age  $61.48 \pm 13.00$  years) with suspected CAD. All patients underwent a five-minute ECG recording with the construction of ECG dispersion mapping and assessment of heart rate variability. Each subject underwent coronary angiography (within 12 months before or after the stress test) to verify the damage to the coronary bed. When analyzing the comparison of the results of coronary angiography and dispersion ECG mapping, 3 groups of patients were formed and studied: group A (coronary artery stenosis more than 50%,  $n = 18$ ), B (coronary artery stenosis less than 50%,  $n = 16$ ) and C (without coronary artery disease,  $n = 21$ ). It was noted that the more pronounced the stenosis of the coronary arteries, the higher the index of microalterations "Myocardium" and T-alternation of the myocardium, and the lower the functional reserve of the myocardium. Considering

*that a short (thirty second) high-resolution ECG recording is required to perform dispersion ECG mapping, this method can be used as a screening for the selection of patients at high risk of coronary heart disease and exercise testing. We suggest that patients should be referred for exercise testing if two of the three criteria are present: BMI  $\geq$  22%, Functional reserve  $\leq$  70%, T-alternation  $\geq$  18% (AUC ROC is 0.718). The sensitivity and specificity of the presented method can be increased by adding indicators from the analysis of heart rate variability (heart rate, HF, LF) and patient's age (AUC ROC is 0.929) to the formula.*

**Key words:** *electrocardiogram; dispersion mapping; heart rate variability; pre-test probability; ischemic heart disease.*

**For citation:** Maslennikova O.M., Ardashev V.N., Novikov E.M., Stepanov M.M., Stebletsov S.V., Kirillova T.B., Tarabarina N.B., Perets E.M., Fursov A.N. Assessment of the pre-test probability of ischemic heart disease according to the data of dispersion mapping of an electrocardiogram and analysis of heart rate variability. *Klinicheskaya meditsina*. 2022;100(4–5):178–184.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-4-5-178-184>

**For correspondence:** Egor M. Novikov — e-mail: [dr.enovikov@gmail.com](mailto:dr.enovikov@gmail.com)

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

Received 18.02.2022

История создания шкал для оценки предстесовой вероятности ишемической болезни сердца (ИБС) начинается в 1979 г., когда американские врачи G.A. Diamond и J.S. Forrester, изучив результаты коронарографий у 4952 пациентов и сопоставив их с клиническими данными, предложили шкалу предстесовой вероятности ИБС для пациентов от 30 до 69 лет в зависимости от их пола, возраста и характера болевого синдрома.

В 1981 г. в исследовании CASS, проходившем под руководством В.Р. Chaitman с соавт., модель предстесовой вероятности ИБС получила подтверждение на 8157 пациентах с выполненной коронарографией. Полученная модель вероятностной оценки ИБС имеет широкое распространение в США и многих других странах. Она используется в актуальных клинических рекомендациях American Heart Association (AHA) ведения пациентов с хронической ИБС 2012 г. [1]. Главными ее недостатками являются поверхностный и вероятностный подход, отсутствие четких количественных критериев. В частности, вероятность ИБС у женщины 39 лет с типичной картиной стенокардии напряжения составляет 26%, а в 40 лет у той же пациентки эта вероятность составит 55%. Вторым недостатком является ограничение в возрасте: она не рассчитана для людей старше 69 лет.

В 2011 г. T.S. Genders с соавт. модифицировали шкалу G.A. Diamond и J.S. Forrester, произведя перерасчет процента вероятности ИБС для различных возрастов в зависимости от пола и болевого синдрома. Основное отличие от предыдущей шкалы — это расчет вероятности ИБС для пациентов старших возрастных групп. Данная модификация получила название CAD Consortium или modified/updated Diamond–Forrester шкала (UDF). В 2013 г. Европейское общество кардиологов утвердило данную модель для отбора пациентов на проведение нагрузочной пробы [2].

Необходимо отметить, что данные шкалы не учитывают наличие отягощающих факторов рисков ИБС. Одной из попыток создания шкалы предстесовой вероятности ИБС с учетом их наличия стала работа D.V. Pryor с соавт. в 1993 г. на основе базы данных Университета Дюка (Duke database) — шкала Дюка. Данная шкала разграничивает пациентов низкого и высокого риска ИБС, предлагая для них разные значения предстесовой веро-

ятности наличия заболевания. В национальных клинических рекомендациях 2014 и 2016 гг. по ведению пациентов с болью в грудной клетке Британского кардиологического общества (NICE) предложена и до настоящего времени используется шкала Дюка [3].

Первое крупное исследование неинвазивной диагностики ИБС с помощью компьютерной томографии-ангиографии (КТ-ангиографии) появилось в 2011 г. в исследовании CONFIRM, в котором были изучено 14 048 пациентов с подозрением на ИБС. Именно в CONFIRM обосновано применение такого параметра, как «кальциевый индекс». В 2015 г. были опубликованы результаты исследования SCOT-HEART, в котором продемонстрирована высокая отрицательная предсказательная способность КТ-ангиографии: при отсутствии гемодинамически значимых стенозов (более 50% от просвета сосуда) коронарных артерий вероятность обструктивного поражения венечных артерий близка к нулю. С учетом данного факта КТ-ангиография стала методом исключения стенозирующего поражения коронарных артерий, выполняемым преимущественно пациентам низкого риска ИБС [4, 5].

В дальнейшем кардиологи разных стран неоднократно поднимали вопрос о завышении предстесовой вероятности утвержденных ESC и AHA шкал. Это привело к проведению T.S. Genders с соавт. исследования на 5 677 пациентах предстесовой вероятности ИБС и модификации шкалы CAD Consortium за счет внедрения дополнительных групп параметров. Шкала CAD Clinical включает такие факторы риска, как сахарный диабет, артериальная гипертензия, стаж курения и дислипидемия. Шкала CAD Extended помимо факторов риска дополнительно включает в себя показатель коронарного индекса [6–9].

В 2019 г. вышли в свет обновленные клинические рекомендации ведения пациентов с хронической ИБС от Европейского общества кардиологов, в котором представлена новая шкала предстесовой вероятности ИБС (табл. 1), основанная на метаанализе результатов исследований PROMISE и CONFIRM [10–12].

Значение в таблице отражает процент вероятности ИБС.

1. Предстесовая вероятность < 5% — нагрузочная проба не показана.

Таблица 1

## Оценка вероятности наличия ИБС до выполнения тестов (ESC, 2019)

Возраст	Стенокардия типичная, %		Стенокардия атипичная, %		Неангинозная боль, %		Одышка при нагрузке, %	
	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.
30–39 лет	3	5	4	3	1	1	0	3
40–49 лет	22	10	10	6	3	2	12	3
50–59 лет	32	13	17	6	11	3	20	9
60–69 лет	44	16	26	11	22	6	27	14
≥ 70 лет	52	27	34	19	24	10	32	12

2. Предтестовая вероятность 5–15% — нагрузочная проба может обсуждаться после оценки общей клинической вероятности ИБС.

3. Предтестовая вероятность > 15% — проведение нагрузочных проб наиболее эффективно.

Невзирая на повышение достоверности предтестовой вероятности ИБС по шкале ESC от 2019 г., в реальной практике врачи сталкиваются с недооценкой состояния больных, что может быть связано с отсутствием четких количественных методов оценки риска ИБС, а также с очень высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний в странах СНГ [13, 14].

Имеются литературные данные о возможности оценки нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами нервной системы, характера и степени нарушений электрофизиологических свойств разных отделов миокарда с помощью анализа вариабельности сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ [15–17].

Поиск простого воспроизводимого количественного метода оценки предтестовой вероятности ИБС в настоящий момент остается актуальной задачей в кардиологии.

**Целью** данного исследования стала оценка возможностей вариабельности сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ для предтестовой оценки вероятности ИБС.

Задачами исследования было:

1. Определить критерии отбора пациентов для выполнения нагрузочной пробы по данным тридцатисекундной записи дисперсионного картирования ЭКГ.

2. Определить критерии отбора пациентов для выполнения нагрузочной пробы по данным пятиминутной записи дисперсионного картирования ЭКГ с анализом вариабельности сердечного ритма.

## Материал и методы

Для решения поставленной задачи нами обследован 81 пациент с подозрением на ИБС. Характеристика пациентов представлена в табл. 2.

Исследуемая группа включала 55 мужчин и 26 женщин. Из них 24 (47,8%) человека были в возрасте до 50 лет, у 45 (33,4%) — возраст 51–70 лет, 12 (18,8%) — старше 70 лет. Средний возраст пациентов составил  $61,48 \pm 13,00$  года. Все пациенты различного телосложения. Индекс массы тела составил от 19,49 до 35,78 кг/м<sup>2</sup>, в среднем —  $28,38 \pm 4,20$  кг/м<sup>2</sup>.

Абсолютное большинство (82,7%) пациентов имели гипертоническую болезнь, у части (9,8%) — сахарный диабет 2-го типа. Инфаркт миокарда перенесли 12,3% пациентов, стентирование коронарных артерий было у 43%. Средний уровень липопротеинов низкой плотности составил  $3,06 \pm 1,1$  ммоль/л.

Всем пациентам выполнена пятиминутная запись ЭКГ с построением дисперсионного картирования ЭКГ и оценкой вариабельности сердечного ритма. В качестве метода верификации наличия гемодинамически значимого стеноза коронарных артерий использовалась коронарография (в течение 12 мес. до или после нагрузочной пробы). Данные коронарографии представлены в табл. 3.

## Результаты и обсуждение

При анализе сопоставления результатов коронарографии и дисперсионного картирования ЭКГ (тридцатисекундная запись ЭКГ высокого разрешения до пробы) отдельно изучены три подгруппы пациентов с выделением подгрупп А (стенозирование коронарных артерий более 50%), В (стенозирование коронарных артерий менее 50%) и С (без поражения коронарных артерий), которые представлены в табл. 4.

Таблица 2

### Характеристика пациентов

Показатель	Значения
Возраст больных, годы	$61,48 \pm 13,00$
Женщины, %	32,10
Мужчины, %	67,90
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	$28,38 \pm 4,20$
Инфаркт миокарда в анамнезе, %	12,00
Гипертоническая болезнь в анамнезе, %	82,70
Сахарный диабет, %	9,80
Стентирование коронарных артерий, %	43,00
Фракция выброса левого желудочка, %	$59,18 \pm 9,90$
ЧСС по данным ЭКГ покоя, уд/мин	$74,10 \pm 12,40$
Общий холестерин, ммоль/л	$4,98 \pm 1,10$
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	$3,06 \pm 1,1$
Гиполипидемическая терапия, %	56,79
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин/1,73 <sup>2</sup>	$79,93 \pm 16,9$

Примечание. ЛПНП — липопротеины низкой плотности.

Таблица 3

**Выраженность коронарного атеросклероза в выделенных группах**

Показатель	Количество пациентов	%
Отсутствие поражения коронарных артерий	19	23,46
Стенозирование менее 50%	17	20,98
Стеноз более 50%	45	55,56

При сопоставлении полученных данных у подгруппы с наличием гемодинамически значимого стеноза и без него получены результаты, представленные в табл. 5.

На рис. 1 наглядно изображена разница значений показателей индекса микроальтернатий «Миокард» (ИММ), «Функциональный резерв» и «Т-альтернация» в зависимости от наличия у пациента стеноза коронарной артерии более 50% или его отсутствия.

Согласно данным табл. 5 и рис. 1, значения признаков ИММ, «Функциональный резерв», «Т-альтернация» у группы с наличием гемодинамически значимого коронаростеноза (более 50%) достоверно отличаются от пациентов со

стенозами менее 50% и наличием интактных коронарных артерий. Отмечено, что чем выраженнее стенозирование коронарных артерий, тем выше ИММ и Т-альтернация миокарда, ниже функциональный резерв миокарда.

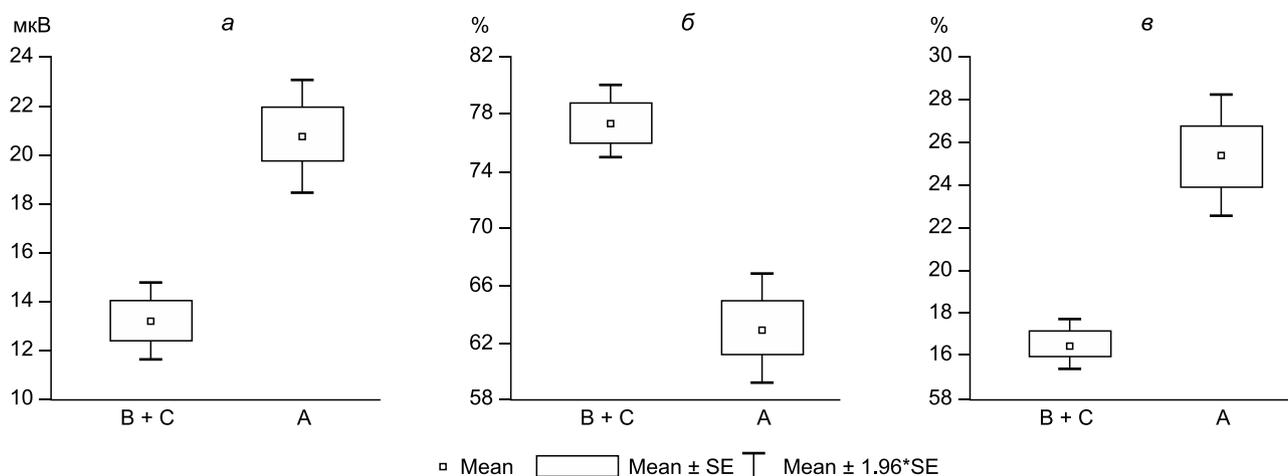
Совокупность полученных данных с учетом достоверных различий между исследуемыми группами позволяет определить количественные критерии наличия ИБС по данным дисперсионного картирования ЭКГ.

Нами выполнен корреляционный и дискриминантный анализ. Для удобства использования данные дисперсионного картирования ЭКГ были зашифрованы: 1 — если ИММ  $\geq 22\%$ , функциональный резерв  $\leq 70\%$ , Т-альтернация  $\geq 18\%$ ; 0 — если данным требованиям значения не соответствуют.

На основании данных, представленных в табл. 6, было составлено решающее правило предстеновой вероятности гемодинамически значимого поражения коронарных артерий:

$$y = 0,65x_1 + 2,08x_2 + 0,72x_3 > 2,6, \quad (1)$$

где  $y > 2,6$  гемодинамически значимое поражение венечных артерий,  $x_1$  — ИММ более 22%,  $x_2$  — функциональный резерв  $\leq 70\%$ ,  $x_3$  — Т-альтернация  $\geq 18\%$ .



**Рис. 1. Индекс «Т-альтернация» (а), индекс «Функциональный резерв» (б) и индекс микроальтернатий «Миокард» (в) подгруппах со стенозом < 50% и без него (В + С) и в группе с наличием коронаростеноза свыше 50% от просвета сосуда (подгруппа А)**

Таблица 4

**Данные дисперсионного картирования в покое в зависимости от выраженности поражения коронарных артерий,  $p < 0,05$**

Показатель	Подгруппа А (n = 45)	Подгруппа В (n = 17)	Подгруппа С (n = 19)
Индекс микроальтернатий «Миокард», %	25,37 $\pm$ 11,47	17,89 $\pm$ 5,69	16,06 $\pm$ 4,87
Т-альтернация, %	20,88 $\pm$ 9,01	14,23 $\pm$ 6,23	12,8 $\pm$ 6,41
Функциональный резерв, %	63,09 $\pm$ 15,08	75,55 $\pm$ 7,80	77,88 $\pm$ 11,14

Таблица 5

**Сравнение данных у пациентов различных групп**

Показатель	Подгруппа А	Подгруппа В + С	$p$
Индекс микроальтернатий «Миокард», %	25,37 $\pm$ 11,47	16,51 $\pm$ 5,11	0,001
Функциональный резерв, %	63,09 $\pm$ 15,08	77,40 $\pm$ 10,32	0,001
Т-альтернация, %	20,88 $\pm$ 9,01	13,23 $\pm$ 6,43	0,001

Таблица 6

**Определение весовых коэффициентов для показателей дисперсионного картирования в рамках предтестовой вероятности гемодинамически значимого поражения коронарных артерий**

Показатель	Весовые коэффициенты дискриминантной функции	
	без значимого стеноза	стеноз более 50%
ИММ > 22% (0, 1)	-0,040	0,618
Индекс «Функциональный резерв» < 70% (0, 1)	-0,016	2,072
Т-альтернация > 18% (0, 1)	1,006	1,720
Константа	-0,692	-1,928

Чувствительность данного подхода составила 56,9%, специфичность — 88,6%, диагностическая эффективность — 74,3% (табл. 7).

Повысить чувствительность и специфичность представленного метода можно с помощью добавления в формулу возраста и показателей из анализа вариабельности сердечного ритма (частота сердечных сокращений, HF, LF). Показатели ИММ, Т-альтернации, индекса «Функциональный резерв» используются в абсолютных значениях. Данная формула представлена ниже (табл. 8).

На основании данных, представленных в табл. 8, было составлено решающее правило предтестовой вероятности гемодинамически значимого поражения коронарных артерий:

$$y = 0,092x_1 - 0,0867x_2 - 0,0001x_3 + 0,0001x_4 + 0,0498x_5 - 0,0029x_6 + 0,0796x_7 \geq 1,47, \quad (2)$$

где  $y > 1,47$  — гемодинамически значимое поражение венечных артерий,  $x_1$  — возраст, лет,  $x_2$  — ЧСС в покое,  $x_3$  — HF,  $x_4$  — LF,  $x_5$  — ИММ, %,  $x_6$  — функциональный резерв, %,  $x_7$  — Т-альтернация, %.

Чувствительность данного подхода составила 83%, специфичность — 82,2%, диагностическая эффективность — 82,6% (табл. 9).

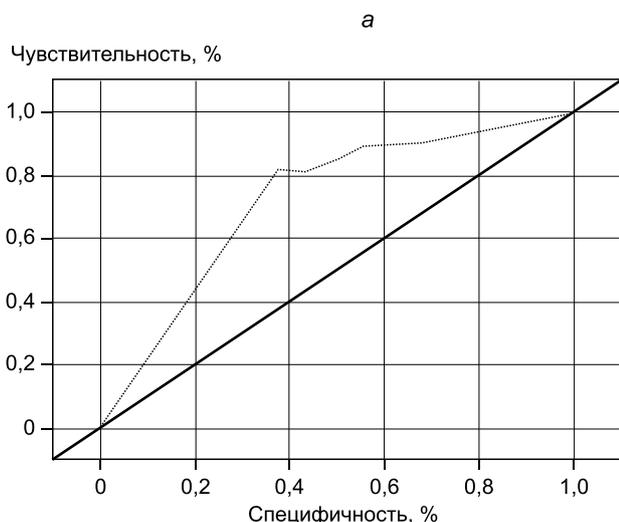


Таблица 7  
**Чувствительность и специфичность балльной системы оценки предтестовой вероятности**

Показатель	Корректный результат, %	Стеноз < 50%, чел.	Стеноз > 50%, чел.
Специфичность	88,608	70	9
Чувствительность	56,923	28	37
Всего	74,306	98	46

Таблица 8

**Предтестовая вероятность гемодинамически значимого стеноза коронарных артерий по данным возраста и ЭКГ высокого разрешения**

Показатель	Весовые коэффициенты дискриминантной функции	
	без значимого стеноза	стеноз более 50%
Возраст, годы	0,3128	0,4040
ЧСС в покое	-0,0289	-0,1156
HF	0,0006	0,0005
LF	-0,0004	-0,0003
ИММ «Миокард», %	1,9698	2,0196
Функциональный резерв, %	1,7825	1,7796
Т-альтернация, %	0,2524	0,3320
Константа	94,2972	95,7675

Для каждого уравнения составлена графическая характеристика качества бинарного классификатора (ROC-кривая) в зависимости от доли положительных результатов при наличии гемодинамически значимого стеноза коронарных артерий и доли отрицательных результатов при его отсутствии (рис. 2). На основании полученных результатов была высчитана площадь под ROC-кривой (AUC ROC). Это комплексный индекс, отражающий чувствительность и специфичность непрерывных переменных.

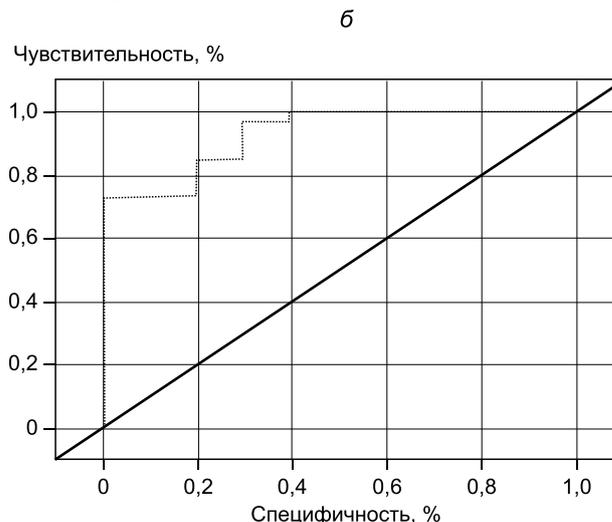


Рис. 2. Кривая ошибок (ROC-кривая) для формулы №1 (а; AUC 0,718) и для формулы 2 (б; AUC 0,929)

Таблица 9

**Чувствительность и специфичность оценки предстесовой вероятности гемодинамически значимого стеноза коронарных артерий по данным возраста и ЭКГ высокого разрешения**

Показатель	Корректный результат, %	Стеноз < 50%, чел.	Стеноз > 50%, чел.
Специфичность	82,29	65	14
Чувствительность	83,08	11	54
Всего	82,64	76	68

**Заключение**

Учитывая, что для выполнения дисперсионного картирования ЭКГ требуется непродолжительная (тридцатисекундная) запись ЭКГ высокого разрешения, данный метод может быть использован в качестве скрининга для отбора пациентов высокого риска ИБС и проведения нагрузочной пробы. Нами предложено направлять пациентов на нагрузочную пробу при наличии 2 из 3 признаков на ЭКГ высокого разрешения в покое: ИММ  $\geq 22\%$ , функциональный резерв  $\leq 70\%$ , Т-альтернация  $\geq 18\%$ .

Повысить чувствительность и специфичность представленного метода можно с помощью добавления в формулу показателей из анализа variability сердечного ритма (частота сердечных сокращений, HF, LF) и возраста пациента (AUC ROC равен 0,929).

**Выводы**

1. Дисперсионное картирование ЭКГ и анализ variability сердечного ритма могут быть использованы в качестве скрининга для выявления пациентов высокого риска ИБС.

2. Разработано решающее правило предстесовой оценки наличия гемодинамически значимого поражения коронарного русла по данным возраста, дисперсионного картирования ЭКГ и анализа variability сердечного ритма. Чувствительность данного подхода составила 83%, специфичность — 82,2%, диагностическая эффективность — 82,6%.

3. Показатели индекс микроальтернатив «Миокард», Т-альтернация и индекс «Функциональный резерв» являются наиболее значимыми показателями дисперсионного картирования ЭКГ.

4. При сочетании индекса «Функциональный резерв» ниже 70% со значением индекса микроальтернатив «Миокард» выше 22% или значением индекса «Т-альтернация» выше 18% у пациента высокий риск наличия гемодинамически значимого стеноза коронарных артерий, ему рекомендовано выполнение нагрузочной пробы.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES**

1. Fihn S.D., Gardin J.M., Abrams J., Berra K, Blankenship J.C., Dallas A.P., Douglas P.S., Foady J.M., Gerber T.S., Hinderliter A.L., King S.B. 3rd, Kligfield P.D., Krumholz H.M., Kwong R.Y.K., Lim M.J., Linderbaum J.A., Mack M.J., Munger M.A., Prager R.J., Sabik J.F., Shaw L.J., Sikkema J.D., Smith S.R. Jr, Smith S.C. Jr, Spertus J.A., Williams S.V., American College of Cardiology Foundation. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *Circulation*. 2012;126(25):3097–3137. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3182776f83
2. Task Force Members et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart. J.* 2013;34(38):2949–3003. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz296
3. National clinical guideline centre for acute and chronic conditions (UK). Chest pain of recent onset: assessment and diagnosis of recent onset chest pain or discomfort of suspected cardiac origin (update). Chest pain of recent onset: assessment and diagnosis of recent onset chest pain or discomfort of suspected cardiac origin. *London: Royal College of Physicians (UK)*, 2016. PMID: 22420013.
4. Baskaran L., Danad I., Gransar H., Hartaigh B.O., Schulman-Marcus J., Lin F.Y., Pena J.M., Hunter A., Newby D.E., Adamson P.D., Min J.K. A comparison of the updated Diamond-Forrester, CAD Consortium, and CONFIRM history-based risk scores for predicting obstructive coronary artery disease in patients with stable chest pain: the SCOT-HEART coronary CTA cohort. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(7):1392–1400. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.02.020
5. SCOT-HEART investigators. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet*. 2015;385(9985):2383–2391. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60291-4
6. Аншелес А.А., Сергиенко И.В., Денисенко-Канкия Е.И., Тюрин В.П., Сергиенко В.Б. Предстесовая оценка вероятности ишемической болезни сердца. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. Фонд развития современных и цифровых технологий, 2020;3:124–132. [Ansheles A.A., Sergienko I.V., Denisenco-Kankija E.I., Tjurin V.P., Sergienko V.B. Pre-test assessment of the likelihood of coronary heart disease. *Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I. Pirogova*. Fond razvitiya sovremennyh i cifrovyyh tehnologij, 2020;3:124–132. (In Russian)]. DOI: 10.25881/BPNMSC.2020.30.69.023
7. Bittencourt M.S., Hulten E., Polonsky T.S., Hoffman U., Nasir K., Abbara S., Carli M.D., Blankstein R. European society of cardiology — recommended coronary artery disease consortium pretest probability scores more accurately predict obstructive coronary disease and cardiovascular events than the Diamond and Forrester Score: the partners registry. *Circulation*. 2016;134:201–211. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023396
8. Di Carli M.F., Gupta A. Estimating Pre-Test Probability of Coronary Artery Disease: Battle of the Scores in an Evolving CAD Landscape. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2019;12(7):1401–1404. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.04.036
9. Ferreira A.M., Marques H., Tralhao A., Santos M.B., Santos A.R., Cardoso G., Dores H., Carvalho M.S., Madeira S., Machado F.P., Cardim N., Goncalves P.A. Pre-test probability of obstructive coronary stenosis in patients undergoing coronary CT angiography: comparative performance of the modified Diamond-Forrester algorithm versus methods incorporating cardiovascular risk factors. *International Journal of Cardiology*. 2016;222:346–351. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.07.180
10. Foldyna B., Udelson J.E., Karady J., Banerji D., Lu M.T., Mayrhofer T., Bittner D.O., Meyersohn N.M., Emami H., Genders T.S.S., Fordyce C.B., Ferencik M., Douglas P.S., Hoffmann U. Pretest probability for patients with suspected obstructive coronary artery disease: re-evaluating Diamond-Forrester for the contemporary era and clinical implications: insights from the PROMISE trial. *Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging*. 2019;20(5):574–581. DOI: 10.1093/ehjci/jej182

11. Juarez-Orozco L.E., Saraste A., Capodanno D., Prescott E., Ballo H., Bax J.J., Wijns W., Knuuti J. Impact of a decreasing pre-test probability on the performance of diagnostic tests for coronary artery disease. *Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging*. 2019;20(11):1198–1207. DOI: 10.1093/ehjci/jez054
12. Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., Prescott E., Storey R.F., Deaton C., Cuisset T., Agewall S., Dickstein K., Edvardsen T., Escaned J., 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 Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur. Heart. J.* 2020;41(3):407–477. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz425
13. Аншелес А.А., Сергиенко И.В., Денисенко-Канкия Е.И., Сергиенко В.Б. Результаты перфузионной однофотонной эмиссионной томографии миокарда и данных коронарографии у пациентов с различной предстеновой вероятностью ишемической болезни сердца. *Терапевтический архив*. 2020;92(4):30–36. [Ansheles A.A., Sergienko I.V., Denisenko-Kankiya E.I., Sergienko V.B. Myocardial perfusion single-photon emission computer tomography and coronary angiography results in patients with different pretest probability of ischemic heart disease. *Therapeutic Archive*. 2020;92(4):30–36. (In Russian)]. DOI: 10.26442/00403660.2020.04.000549
14. Гельцер Б.И., Циванюк М.М., Шахгельдян К.И., Рублев В.Ю. Методы машинного обучения в оценке предстеновой вероятности обструктивных и необструктивных поражений коронарного русла. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(5):99–105. [Gel'cer B.I., Civanjuk M.M., Shahgel'djan K.I., Rublev V.Ju. Machine learning methods in assessing the pretest probability of obstructive and non-obstructive coronary lesions// *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(5):99–105. (In Russian)]. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3802
15. Новиков Е.М., Стеблецов С.В., Ардашев В.Н., Кириллова Т.Б., Тарабарина Н.Б. Методы исследования сердечного ритма по данным ЭКГ: вариабельность сердечного ритма и дисперсионное картирование (обзорная статья). *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2019;4:81–89. [Novikov E.M., Steblecov S.V., Ardashev V.N., Kirillova T.B., Tarabarina N.B. ECG-based investigation methods: heart rate variability and dispersion mapping (Literature article). *Kremlin Medicine. Clinical Bulletin*. 2019;4:81–89. (In Russian)]. DOI 10.26269/4t6g-mx35
16. Gilad O., Swenne C.A., Davrath L.R., Akselrod S. Phase-averaged characterization of respiratory sinus arrhythmia pattern. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2005;288(2):504–510. DOI: 10.1152/ajpheart.00366.2004
17. Sinnreich R., Kark J.D., Friedlander Y., Sapoznikov D., Luria M.H. Five minute recordings of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics. *Heart*. 1998;80(2):156–162. DOI: 10.1136/hrt.80.2.156

Поступила 18.02.2022

**Информация об авторах/ Information about the authors**

**Масленникова Ольга Михайловна** (Maslennikova Olga M.) — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней и профилактической медицины ФГБУ ДПО «ЦГМА» УДП РФ, врач-кардиолог ФГБУ «Клиническая больница №1» УДП РФ, <https://orcid.org/0000-0001-9599-7381>

**Ардашев Вячеслав Николаевич** (Ardashev Vyacheslav N.) — д-р мед. наук, профессор, заслуженный врач РФ, заслуженный деятель науки РФ, полковник медицинской службы в отставке, научный руководитель по терапии ФГБУ «Клиническая больница № 1» УДП РФ  
**Новиков Егор Михайлович** (Novikov Egor M.) — врач-кардиолог, аспирант ФГБУ «Клиническая больница № 1» УДП РФ, <https://orcid.org/0000-0002-6851-5786>

**Степанов Максим Маркович** (Stepanov Maxim M.) — канд. мед. наук, заведующий отделением кардиологии № 2 ФГБУ «Клиническая больница № 1» УДП РФ

**Стеблецов Сергей Васильевич** (Stebletsov Sergey V.) — канд. мед. наук, доцент, Заслуженный врач РФ, врач-терапевт ФГБУ «Клиническая больница №1» УДП РФ

**Кириллова Татьяна Борисовна** (Kirillova Tatiana B.) — врач функциональной диагностики ФГБУ «Клиническая больница № 1» УДП РФ

**Тарабарина Наталья Борисовна** (Tarabarina Natalia B.) — заведующая отделением функциональной диагностики ФГБУ «Клиническая больница № 1» УДП РФ

**Перец Елена Николаевна** (Perets Elena N.) — канд. мед. наук, доцент кафедры восстановительного лечения ФГБУ ДПО «ЦГМА» УДП РФ, заведующая физиотерапевтическим отделением и лечебной физкультуры

**Фурсов Андрей Николаевич** (Fursov Andrey N.) — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением артериальных гипертензий кардиологического центра ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко