

ISSN 2311-4495

ISSN 2410-5155 (Online)

УДК 616.12-008.331.1:004.8

<https://doi.org/10.18705/2311-4495-2026-13-4-359-370>

Прогнозная модель назначения самоконтроля артериального давления амбулаторным пациентам с артериальной гипертензией

М. В. Ионов¹, И. В. Емельянов¹, В. В. Ващенко¹, Я. П. Воронин¹, Э. Э. Гайбалиев²,
С. В. Ковальчук², А. О. Конради¹

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

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Ионов Михаил Васильевич,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург, Россия, 197341.
E-mail: dr.mikhail.ionov@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Самоконтроль артериального давления (СКАД) рекомендуется использовать для подтверждения диагноза артериальной гипертензии (АГ) и для контроля эффективности лечения. Ключевую роль в активном и правильном СКАД играет рекомендация лечащего врача. **Цель.** Оценить частоту назначения СКАД амбулаторным пациентам с АГ врачами-кардиологами, выявить ассоциированные факторы, разработать прогнозную модель назначения СКАД на основе машинного обучения на данных электронных медицинских карт (ЭМК). **Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ ЭМК 44 358 пациентов, посетивших врача в 2018–2024 гг. На основе алгоритма LightGBM разработана прогнозная модель назначения СКАД с использованием структурированных клинико-демографических показателей и текстовых признаков из поля «Описание диагноза» (TF-IDF). Качество оценивалось на тестовой (70 % данные 2018–2023 гг.) и внешней валидационной выборке (ООТ, данные 2024 г.). Для анализа структуры рекомендаций применено тематическое моделирование (LDA). **Результаты.** Рекомендация СКАД дана 40 180 пациентам (90,6 %). Модель машинного обучения продемонстрировала высокое качество: на тестовой выборке AUC-ROC = 0,809, точность = 0,954, чувствительность = 0,810; на ООТ-выборке – AUC-ROC = 0,840, точность = 0,979, чувствительность = 0,837. Наибольший вклад в прогноз внесли текстовые признаки из описания диагноза (gain = 11315,1), возраст (3461,8) и код диагноза (3138,4). Исключение текста снижало AUC-ROC до 0,655–0,673. Вероятность назначения СКАД выше у пациентов молодого возраста, с высокой стадией и неконтролируемой АГ. Моделью LDA выделено 6 тем; в большинстве из них присутствуют упоминания СКАД. **Заключение.** Врачи-кардиологи рекомендуют СКАД подавляющему большинству пациентов с АГ. Решение о назначении связано с объективными признаками тяжести заболевания и возрастом. Разработанная прогнозная модель с высокой точностью идентифицирует пациентов, которым показан СКАД, являясь основой для системы поддержки врачебных решений.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, врачебные рекомендации, электронные медицинские карты, машинное обучение, прогнозная модель, самоконтроль артериального давления

Для цитирования: Ионов М. В., Емельянов И. В., Ващенко В. В. и др. Прогнозная модель назначения самоконтроля артериального давления амбулаторным пациентам с артериальной гипертензией. *Трансляционная медицина*. 2026;13(4):359–370. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2026-13-4-359-370>; <https://elibrary.ru/dhpani>

Predictive model for recommending home blood pressure monitoring in outpatients with arterial hypertension

Mikhail V. Ionov¹, Igor V. Emelyanov¹, Vladislav V. Vashchenkov¹, Yakov P. Voronin¹, Emil E. Gaibaliev², Sergey V. Kovalchuk², Aleksandra O. Konradi¹

¹ Federal State Budgetary Institution “Almazov National Medical Research Centre” of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

² ITMO University, St. Petersburg, Russia

Corresponding author:

Mikhail V. Ionov,
V. A. Almazov NMRC,
2 Akkuratova str., St. Petersburg, Russia, 197341.
E-mail: dr.mikhail.ionov@gmail.com

ABSTRACT

Background. Home blood pressure monitoring (HBPM) is recommended both for confirming the diagnosis of hypertension (HTN) and for monitoring treatment efficacy. The recommendation of the treating physician plays a key role in promoting active and correct HBPM. **Objective.** To assess the frequency of HBPM recommendations by cardiologists for outpatients with HTN, identify factors associated with HBPM recommendation, and develop a machine learning–based predictive model of HBPM recommendation using electronic medical record (EMR) data. **Materials and methods.** A retrospective analysis of EMR data from 44,358 outpatients with HTN seen by cardiologists in 2018–2024 was conducted. A predictive model was developed using the LightGBM algorithm based on structured clinical and demographic parameters and text features from the “Diagnosis Description” field (TF-IDF). Model performance was evaluated on a test set (70 % of 2018–2023 data) and an out-of-time validation set (OOT, 2024 data). Topic modeling (LDA) was applied to analyze recommendation structure. **Results.** HBPM recommendation was present in 40,180 patients (90.6 %). The machine learning model demonstrated high performance: test set AUC-ROC = 0.809, accuracy = 0.954, sensitivity = 0.810; OOT set AUC-ROC = 0.840, accuracy = 0.979, sensitivity = 0.837. Text features from diagnosis descriptions made the highest contribution (gain = 11,315.1), followed by age (3,461.8) and ICD code (3,138.4). Excluding text reduced AUC-ROC to 0.655–0.673. Higher probability of HBPM prescription was associated with younger age, advanced HTN stage, and uncontrolled blood pressure. LDA identified 6 topics; HBPM was mentioned in most. **Conclusion.** Cardiologists recommend HBPM to most patients with HTN. The decision to recommend HBPM is associated with objective indicators of disease severity and age. The developed predictive model accurately identifies patients for whom HBPM is indicated and can serve as a foundation for clinical decision support systems.

Keywords: arterial hypertension, electronic health records, home blood pressure monitoring, machine learning, physician recommendations, predictive model

For citation: Ionov MV, Emelyanov IV, Vashchenkov VV, et al. Predictive model for recommending home blood pressure monitoring in outpatients with arterial hypertension. *Translational Medicine*. 2026;13(4):359–370. (In Russ.) <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2026-13-4-359-370>; <https://elibrary.ru/dhpani>

Список сокращений: АГ – артериальная гипертензия, АД – артериальное давление, ИМТ – индекс массы тела, САД – систолическое артериальное давление, СКАД – самоконтроль артериального давления, СМАД – суточное мониторирование артериального давления, ЭМК – электронная медицинская карта, LDA – Latent Dirichlet Allocation (тематическое моделирование), LightGBM – Light Gradient Boosting Machine, OOT – Out-of-Time (внешняя валидационная выборка), TF-IDF – Term Frequency-Inverse Document Frequency.

ВВЕДЕНИЕ

Диагностика артериальной гипертензии (АГ) в течение долгого времени основывалась лишь на показателях «офисного» артериального давления (АД), измеренного специалистом в клинике. Хорошо известны многочисленные ограничения этого метода [1], основным из которых является невозможность диагностики изолированных форм АГ (скрытой или маскированной и АГ «белого халата») [2]. Согласно данным регистровых и поперечных эпидемиологических исследований, почти половине пациентов с повышенным офисным АД необходима дополнительная диагностика фенотипов АГ для корректной стратификации риска и индивидуализации лечения [3–5]. Верификация диагноза и должный контроль эффективности терапии возможны при оценке АД вне медицинского учреждения с помощью суточного мониторирования (СМАД) и/или самоконтроля (СКАД).

Данные, полученные при СКАД, хорошо воспроизводимы, так как обычно измерения проводятся на протяжении длительного времени в повседневных условиях. Этот метод отличается доступностью, простотой, экономичностью и, в определенной мере, объективностью [6]. Высокая прогностическая ценность СКАД в отношении субклинического поражения органов-мишеней, сердечно-сосудистых осложнений и смертности подтверждена результатами многочисленных ретро- и проспективных исследований [7]. Известно, что предсказательная точность СКАД превосходит офисное АД и, как минимум, сопоставима с результатами СМАД [8]. В клинических рекомендациях по диагностике и лечению АГ с 2018 г. подчеркивается важность использования амбулаторных методов измерения АД и их диагностическая идентичность офисным показателям [9, 10], при этом отдельно упоминается ценность СКАД для повышения приверженности, особенно в комбинации с дополнительными, в первую очередь, телемедицинскими вмешательствами [11].

Во внедрении и активном использовании СКАД ключевую роль играет врач, однако не все специалисты

осведомлены о его клинической значимости и надлежащей методологии применения [12]. Отсутствие или неточные рекомендации по осуществлению СКАД приводят либо к полному отсутствию, либо к неправильному, зачастую хаотичному его выполнению [13]. Это влечет за собой ошибочную диагностику, неверную интерпретацию полученных пациентом данных или даже их игнорирование, что негативно сказывается на приверженности к терапии, способствует терапевтической инертности и снижению эффективности лечения в целом [14].

Таким образом, целью нашего исследования являлись оценка частоты назначения СКАД амбулаторным пациентам с АГ врачами-кардиологами, выявление ассоциированных факторов и разработка прогностической модели назначения СКАД на основе машинного обучения с использованием данных электронных медицинских карт (ЭМК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование являлось одноцентровым, поперечным и ретроспективным. Проведена выгрузка обезличенных данных ЭМК пациентов из медицинской информационной системы (МИС) ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России в период с 01.09.2018 по 31.12.2024 согласно следующим критериям:

- Возраст от 18 лет и старше;
- Первичный прием пациента;
- Уникальные пациенты: однажды отобранный в любой временной точке пациент больше не включался в набор данных, даже если у него в дальнейшем был найден «первичный прием»;
- Основной диагноз – повышенное АД (код МКБ-10 R03.0), гипертоническая болезнь (коды МКБ-10 I10-I13), предполагаемая или установленная вторичная АГ (коды МКБ-10 I15), без ограничения по сопутствующим нозологиям;
- Консультирующий специалист – врач-кардиолог.

Критерии исключения: отсутствие ключевых клинических параметров (таких как возраст, пол или данные об АД) и дублирующиеся записи.

Анализировались следующие показатели ЭМК: пол, возраст, характер сопутствующей патологии, уровень офисного систолического и диастолического АД (САД и ДАД соответственно) и частоты сердечных сокращений, индекс массы тела (ИМТ). Далее прицельно анализировали раздел ЭМК «Рекомендации». Этот раздел заполняется в обязательном порядке при каждом визите пациента к врачу и предполагает наличие таких секций, как: диета, двигательный

режим, медикаментозная терапия, лабораторные и инструментальные исследования.

В разделе отсутствует отдельная секция для рекомендаций по СКАД или другим вариантам самодиагностики. В связи с этим проводился поиск по словам и их сочетаниям: «дневник/дневника», «ведение», «с ... записью/запись», «АД/артериального давления/артериальное давление/ АД», «измерение», «дома/домашнего/домашний», «бумажный(ого)/электронный(ого)», «самоконтроль/самоконтроля». Далее проводилась сортировка эпизодов: пациенты были разделены на тех, кому формально были даны рекомендации по СКАД, и на тех, кто не получил такой рекомендации. Дополнительно оценивалась полнота рекомендаций по СКАД с помощью простого случайного отбора среди пациентов, получивших назначения по СКАД.

Репрезентативность выборки была рассчитана с помощью общедоступной методики Daniel WW на основании результатов анализа частоты рекомендаций в нашей когорте пациентов и априорных условий по надежности 95 % и допустимой погрешности 5 % [15].

Предобработка данных и конструирование признаков

С целью повышения качества данных и пригодности для статистического моделирования был выполнен комплекс процедур их предобработки:

1. Обработка пропущенных значений: для категориальных переменных пропуски кодировались как отдельная категория («Нет данных»). Для непрерывных переменных (например, уровень АД) пропуски не заполнялись во избежание внесения систематических ошибок; анализ проводился по доступным наблюдениям.

2. Обработка выбросов: экстремальные значения в непрерывных переменных (например, АД > 300 мм рт. ст., отрицательный возраст и подобные) были идентифицированы при оценке межквартильного размаха и визуального анализа при построении boxplot-диаграмм.

3. Обработка текстовых данных. Текстовое поле «Описание диагноза» было очищено и нормализовано: приведение к нижнему регистру, удаление пунктуации и стоп-слов, а также лемматизация. Затем текст был векторизован с помощью метода TF-IDF (*Term Frequency-Inverse Document Frequency*) с ограничением до 100 наиболее значимых n-грамм (униграмм и биграмм).

Определение целевой переменной

Целевая переменная была сформирована как бинарный индикатор. Значение 1 присваивалось случаям,

в которых в структурированном поле «найдено в разделах» присутствовала какая-либо рекомендация по СКАД. Значение 0 соответствовало отсутствию любого упоминания о необходимости выполнения СКАД.

Качество прогнозной модели

Для прогнозирования факта назначения рекомендации по СКАД была построена модель бинарной классификации на основе градиентного бустинга (LightGBM). Модель обучалась на признаках, включающих демографические, клинические, антропометрические данные, коды диагнозов, а также 100 текстовых признаков, полученных с помощью TF-IDF векторизации поля «Описание диагноза».

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для характеристики исследуемой выборки на первом этапе был проведен дескриптивный анализ. Категориальные переменные описаны с использованием абсолютных значений и частот (в процентах). Непрерывные переменные, в зависимости от соответствия нормальному распределению (оцененного с помощью критерия Шапиро-Уилка), представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) либо медианы с первым и третьим квартилем ($Me [Q1; Q3]$). Для визуализации распределения признаков и их взаимосвязи с целевой переменной использовались библиотеки seaborn и matplotlib: построены гистограммы, графики плотности (KDE), круговые диаграммы и таблицы сопряженности. Для сравнения средних значений непрерывных переменных (например, возраст, АД) между группами пациентов с рекомендацией и без нее, в зависимости от распределения, применялся либо t-критерий Стьюдента для независимых выборок, либо U-критерий Манна-Уитни.

Связь между категориальными переменными оценивалась с помощью таблиц сопряженности и критерия Хи-квадрат (χ^2). Для прогнозирования вероятности назначения рекомендации был использован градиентный бустинг на деревьях (LightGBM). Данные были разделены на обучающую и тестовую выборки в соотношении 70:30 со стратификацией по целевой переменной для сохранения баланса классов. Для проверки устойчивости модели на временных данных была выделена внешняя тестовая выборка (Out-of-Time, OOT), включающая записи за 2024 г. Для компенсации дисбаланса классов в алгоритме был задействован параметр `is_unbalance`. Качество модели оценивалось на тестовой и OOT выборках с помощью метрик, принятых для задач бинарной классификации: площадь под ROC-кривой (AUC-ROC), точность (Precision), полнота (Recall)

и матрица ошибок (Confusion Matrix). Важность признаков для прогноза визуализирована с помощью встроенной функции `plot_importance` библиотеки LightGBM.

Статистическая значимость результатов оценивалась на стандартном уровне $p < 0,05$. Все анализы проводились с двусторонними тестами. Все этапы работы с данными – от предобработки и описательного анализа до построения и валидации прогнозных моделей – были выполнены с использованием языка программирования Python (версия 3.9) с использованием библиотек `pandas`, `numpy`, `scikit-learn`, `lightgbm`, `spacy` и `nlTK`.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследуемая выборка включила 44 358 пациентов, характеристика которых по основным оцениваемым параметрам приведена в таблице 1. Выборка

представлена преимущественно пациентами женского пола среднего возраста с избыточной массой тела и неконтролируемой АГ, при этом у значительной части участников были ранее диагностированы сердечно-сосудистые сопутствующие заболевания, реже – хроническая болезнь почек.

Рекомендация по ведению дневника СКАД фигурировала в одноименном разделе у 40 180 пациентов (90,6 %), тогда как у 4178 пациентов (9,4 %) не было таковой. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что подавляющему большинству лиц, которые обращаются амбулаторно к врачу-кардиологу крупного федерального центра по поводу повышенного АД, дается письменная рекомендация о необходимости проводить СКАД.

Качество модели на тестовой выборке (70 % данных периода 2018–2023 гг.) составило: AUC-ROC = 0,809, точность = 0,954, чувствительность = 0,810.

Таблица 1. Общая характеристика пациентов, включенных в исследование (n = 44 358)

Table 1. General characteristics of the study population (n = 44,358)

Параметр	Значение
Пол (мужской)	18 171 (41,0 %)
Возраст, лет	58,4±14,8
Артериальное давление (систолическое), мм рт. ст.	139,4±25,0
Артериальное давление (диастолическое), мм рт. ст.	85,4±26,7
Индекс массы тела, кг/м ²	29,8±6,2
Частота сердечных сокращений, уд/мин	72,5±11,6
Вид оплаты: - наличные - добровольное медицинское страхование	22 465 (50,6 %) 768 (1,7 %)
Стадии гипертонической болезни*: I стадия II стадия III стадия	4969 (14,9 %) 18 870 (56,7 %) 9439 (28,4 %)
Степень артериальной гипертензии (для пациентов, не получающих лечения)*: 1 степень 2 степень 3 степень	465 (38,8 %) 477 (39,9 %) 256 (21,4 %)
Сопутствующие заболевания: - ишемическая болезнь сердца - хроническая сердечная недостаточность - хроническая болезнь почек	12 514 (28,2 %) 15 390 (34,7 %) 1607 (3,6 %)

Примечания: *представленные доли рассчитаны относительно численности соответствующей диагностической группы, а не от общей выборки пациентов.

Notes: *Percentages are calculated relative to the size of the respective diagnostic group, rather than the total patient sample.

На внешней временной валидационной выборке (OOT, данные за 2024 г. – 30 %) метрики были сопоставимы: AUC-ROC = 0,840, точность = 0,979, чувствительность = 0,837. Анализ важности признаков по метрике gain показал, что наибольший вклад в прогноз вносят текстовые признаки из поля «описание диагноза» (максимальная важность = 11 315,1 усл. ед.), за которыми следуют возраст (важность = 3461,8), код диагноза (3138,4) и стадия заболевания (2743,9). Клинические параметры, такие как систолическое АД (1039,7) и ИМТ (704,9), также вошли в десятку наиболее значимых предикторов. Модель с использованием текстовых признаков («описание диагноза») показала высокое качество. Значение AUC-ROC на тестовом наборе данных составило 0,809, а на OOT наборе данных – 0,840 (рис. 1). Точность

варьировала между 0,95–0,98, а чувствительность в диапазоне от 0,81 до 0,84. Контрольный эксперимент с исключением текстовых признаков привел к значительному снижению прогнозной силы модели: AUC-ROC на тестовой выборке снизился до 0,673, на OOT выборке – до 0,655. Назначение рекомендации по СКАД наиболее сильно ассоциировано с признаками, отражающими тяжесть заболевания. Аналогичное положительное влияние оказывает больший ИМТ, что согласуется с клиническими рекомендациями, рассматривающими ожирение как один из важных факторов сердечно-сосудистого риска. Неожиданным результатом явилась обратная связь с возрастом: рекомендация чаще назначалась пациентам более молодого возраста. Вклад пола оказался статистически незначимым после учета

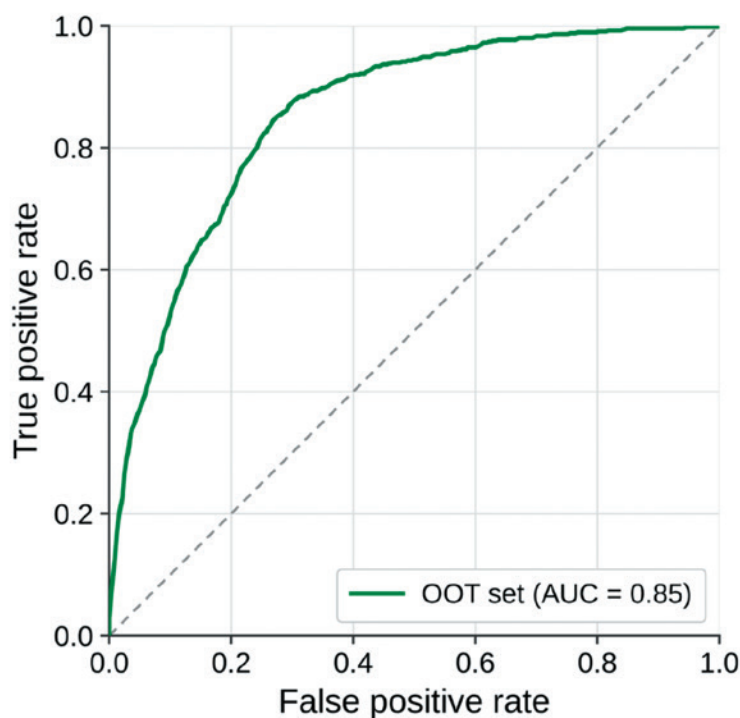


Рис. 1. ROC-кривая для построенного классификатора

Примечание: Зеленая сплошная линия обозначает ROC-кривую классификатора LightGBM на внешней валидационной выборке 2024 г. (Out-of-Time, OOT set) с площадью под кривой AUC-ROC = 0,84 (в тексте – 0,840). Серая пунктирная линия соответствует классификатору случайного угадывания (AUC = 0,50). Ось абсцисс (*False positive rate*) отражает долю ложноположительных исходов (1 – специфичность), ось ординат (*True positive rate*) – долю истинноположительных исходов (чувствительность). Расчет метрик и визуализация выполнены с использованием языка программирования Python (версия 3.11) и библиотек scikit-learn (версия 1.4) и matplotlib (версия 3.10).

Fig. 1. ROC curve for the constructed classifier

Note: The solid green line represents the ROC curve of the LightGBM classifier on the external out-of-time validation set (2024 data, OOT set) with an area under the curve AUC-ROC = 0.84 (reported as 0.840 in the main text). The grey dashed diagonal line corresponds to the chance baseline (AUC = 0.50). The x-axis (*False positive rate*) indicates 1 – specificity, and the y-axis (*True positive rate*) indicates sensitivity. Metric calculations and plot visualization were performed using Python (version 3.11) with scikit-learn (version 1.4) and matplotlib (version 3.10) packages.

Таблица 2. Ключевые слова по темам в разделе «Рекомендации»**Table. 2.** Topic keywords in the “Recommendations” section

№ темы	Число записей	Ключевые слова
0	358	АД, время, минута, мм рт. ст., средний, один, прием, <u>дневник</u>
1	5620	нагрузка, физический, менее, <u>контроль</u> , снижение, отдых, режим, труд, общий, ходьба
2	15 293	АД, <u>контроль</u> , нагрузка, пульс, <u>дневник</u> , утро, вечер, режим, физ, рекомендация
3	4024	физический, неделя, нагрузка, умеренный, менее, динамический, мин, день, аэробный, упражнение
4	1704	мм рт. ст., <u>контроль</u> , кровь, кардиолог, ЭКГ, анализ, консультация, наблюдение, год, запись
5	1125	<u>измерение</u> , <u>самоконтроль</u> , АД, <u>домашний</u> , <u>дневник</u> , давление, артериальный, условие, электронный, <u>ведение</u>

клинических параметров, что свидетельствует об объективности врачебных решений, не зависящей от половой принадлежности. Ключевой находкой исследования является демонстрация того, что разработанная прогнозная модель, включающая структурированные и неструктурированные текстовые данные из ЭМК, позволяет с высокой точностью ($AUC-ROC > 0,84$) идентифицировать пациентов, которым будет назначена рекомендация по СКАД. Критическую роль в прогнозе играет текстовая информация из описания диагноза, что подтверждается снижением значения $AUC-ROC$ на 0,15 при исключении этих данных.

Анализ направленности влияния признаков (SHAP) показал, что вероятность назначения рекомендации по СКАД повышалась у пациентов более молодого возраста, с более высокой стадией гипертонической болезни и при ее неконтролируемом течении. Влияние уровня АД, частоты сердечных сокращений и ИМТ носило слабый или немонотонный характер.

С использованием алгоритма тематического моделирования LDA было выделено 6 тем (максимально достигнутый уровень согласованности – 0,68). По результатам анализа тем отмечается, что СКАД упоминается во многих из них. Первичный анализ, проиллюстрированный в таблице 2, показал, что в пяти из шести тем присутствуют такие ключевые слова, как «дневник», «ведение», «контроль», «самоконтроль» и пр. Наибольшее внимание вопросам СКАД уделено в теме № 5 (1125 записей). В то же время в наиболее распространенной теме № 2 (15 293 записи) слово «дневник» упоминается, однако развернутых рекомендаций не представлено. В рамках дальнейшего исследования планируется более детальный анализ семантики структуры рекомендаций по темам

с выделением развернутых паттернов и оценкой их однозначной интерпретируемости и соответствия лучшим практикам.

Для анализа взаимосвязей между ключевыми словами различных тем была построена семантическая сеть (рис. 2). На графе отражены наиболее значимые ассоциативные связи: толщина ребер пропорциональна частоте совместного появления пар терминов, а цветовое оформление узлов позволяет идентифицировать наиболее частые слова в выделенных темах.

ОБСУЖДЕНИЕ

Использование СКАД в повседневной практике ведения пациентов с АГ – один из ключевых элементов для установления и поддержания контроля за заболеванием. Несмотря на признание СКАД всеми профессиональными сообществами, его внедрение остается ниже оптимального, и препятствия к его распространению могут возникать на уровне пациента (недостаток знаний, высокая стоимость приборов), врача (опасения относительно точности, низкая ожидаемая приверженность пациентов) или системы здравоохранения (отсутствие интеграции данных, вопросы к безопасности их хранения и обмена) [16].

Наши данные в положительную сторону отличаются от ранее проведенных исследований. Например, по данным базы NHANES (2009–2010 гг.), СКАД по рекомендации врача регулярно выполняли около 22 % взрослых в США [17]. Согласно данным Tang и соавторов, в исследовании опроса NHANES 2009–2014 гг. среди более чем 6000 пациентов с АГ только 30,1 % сообщили о том, что врач рекомендовал им СКАД, и из них 82 % действительно воспользовались

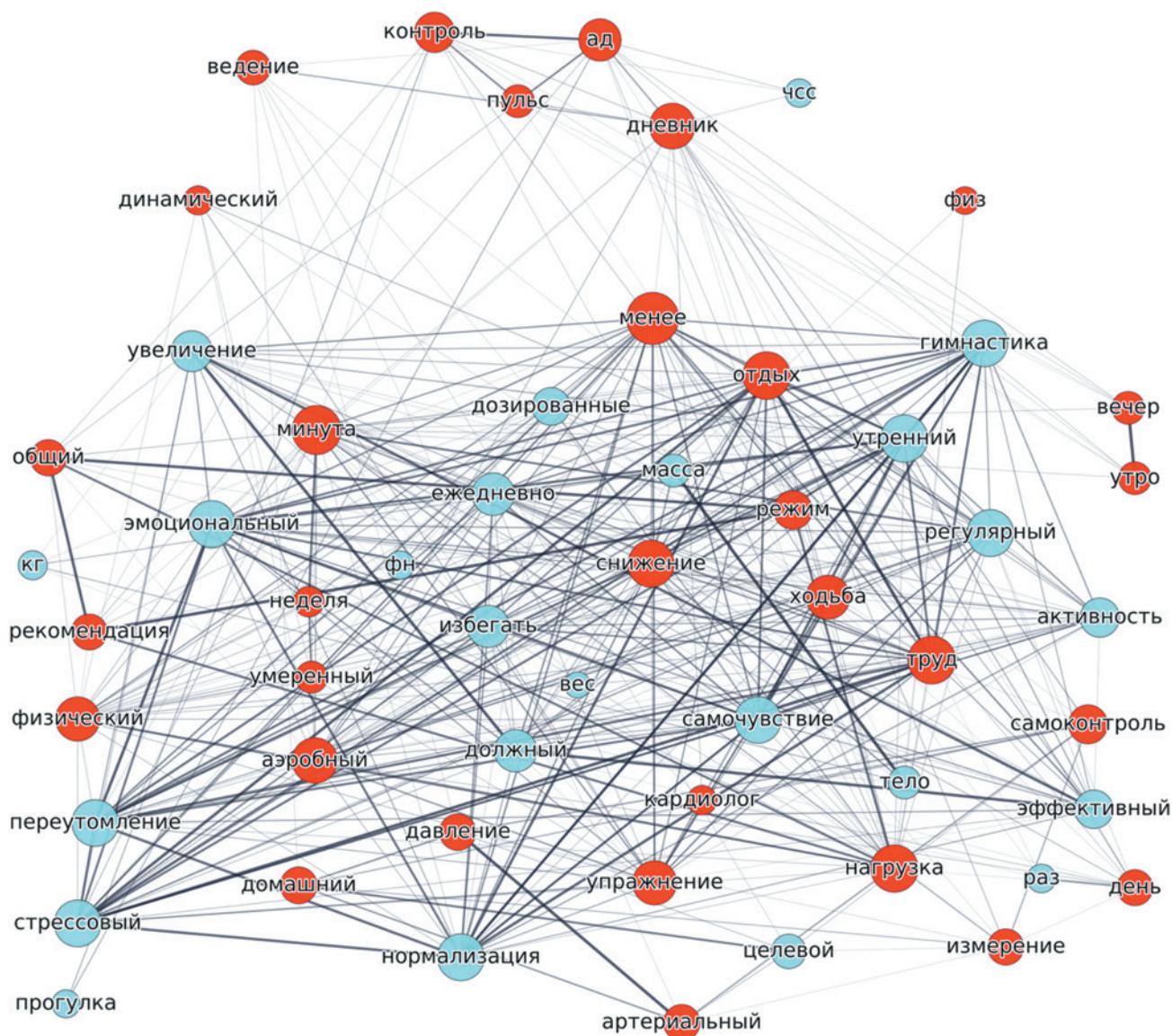


Рис. 2. Семантическая сеть ключевых слов

Примечание: Узлы графа представляют собой наиболее часто встречающиеся термины. Красным цветом выделены ключевые слова с наибольшей частотой встречаемости (соответствующие темам из таблицы 2), серым – менее частые термины. Толщина и степень темнения ребер (линий) между узлами пропорциональны частоте совместного появления соответствующей пары слов в пределах одной записи. Построение, сетевой анализ и визуализация графа выполнены в программе Gephi (версия 0.10.1 / 0.11).

Fig. 2. Semantic network of keywords

Note: Graph nodes represent the most frequent terms from the recommendations. Red nodes indicate high-frequency keywords (corresponding to topics in table 2), while grey nodes represent less frequent terms. Edge (line) thickness and darkness are proportional to the co-occurrence frequency of the respective word pair within a single record. Network analysis and graph visualization were performed using Gephi software (version 0.10.1 / 0.11).

этой рекомендацией, тогда как при отсутствии совета от врача доля выполнявших СКАД составила лишь 28,3 % [18]. В масштабном анализе 31,4 млн взрослых людей с повышенным офисным АД, но без установленного диагноза АГ, 95,3 % соответствовали критериям для уточнения диагноза с помощью СКАД,

однако лишь 3,6 % сообщали, что получили такую рекомендацию при последнем визите к врачу, а 15,7 % использовали СКАД и вовсе вне зависимости от врачебных рекомендаций. При этом, как и в нашем случае, вероятность назначения СКАД не зависела от расы, пола или уровня медицинского страхования [19].

Разительно отличаются опросы пациентов и врачей касательно воспринимаемой частоты назначения СКАД. В азиатском опросе 2020 г. среди 793 индийских врачей, работающих с пациентами с АГ, 92 % рекомендовали СКАД [20]. Согласно результатам опроса 7945 врачей из 11 азиатских стран, более половины участников считают, что СКАД воспринимается медицинским сообществом их региона как важный элемент клинической практики. Несмотря на то, что подавляющее большинство врачей (96 %) рекомендовали пациентам СКАД, менее половины больных, по их оценкам, действительно следовали этой рекомендации, и лишь 22 % врачей правильно указали диагностические пороги для домашнего АД [21]. Во Франции в 2016 г. 95 % и 93 % из 569 врачей общей практики региона Овернь сообщали об использовании СКАД для диагностики и для регулярного наблюдения пациентов с АГ соответственно [22].

Мы были сосредоточены не только на частоте назначения СКАД, но и на поиске возможных параметров (или факторов), которые были бы связаны с подобной рекомендацией. В исследовании Tang и соавторов, процитированном выше, вероятность получения рекомендации о необходимости СКАД была выше у пациентов с медицинской страховкой, более высоким уровнем образования, осведомленностью о наличии заболевания и назначением АГТ [18]. В исследовании Springer и коллег среди 2023 взрослых (у 1247 была диагностирована АГ) 61,6 % сообщили о том, что их врач рекомендовал периодический СКАД, 47,9 % осуществляли регулярный самоконтроль. Выполнение СКАД было связано лишь с наличием домашнего тонометра, тогда как другие исследованные факторы значимой связи не продемонстрировали [23]. В исследовании Thorpe и соавторов (2008), включающем 288 гипертензивных пациентов и обладателей домашнего тонометра, частота СКАД оказалась ниже у работающих и пенсионеров по сравнению с безработными, но выше у пациентов с сахарным диабетом, у тех, кто столкнулся с побочными эффектами АГТ. В окончательной модели значимыми предикторами частоты самоконтроля оставались статус занятости, наличие сахарного диабета и длительность АГ [24].

Однако необходимо оговориться, что формальная рекомендация СКАД не тождественна обучению пациентов правильному ее выполнению. В уже упомянутом опросе Wander и коллег в Индии только 31–66 % из более чем 700 врачей сопровождали рекомендации исчерпывающими инструкциями, и треть врачей ограничивались лишь формальной рекомендацией без пояснений [20]. В Польше, согласно опросу 100 пациентов, проведенному в 2023 г., 35 из них сообщали

о неясных или недостаточно понятных инструкциях СКАД [25]. В онлайн-опросе 625 врачей общей практики Великобритании только 31 % обучали пациентов технике измерения АД. Две трети респондентов рекомендовали минимум два измерения в день, 75 % – не менее четырех дней подряд. Некоторые врачи советовали чрезмерно частые измерения, и лишь немногие учитывали, что диагностические и целевые пороги для АД, измеренного дома, ниже, чем клиническое АД [26]. В австралийском опросе 350 взрослых с АГ лишь 40 % респондентов сообщили о проведенном на приеме у врача обучении технике СКАД, остальные же опирались на собственные представления о СКАД или подражали действиям врачей, увиденным на консультации [13]. Понимание врачами важности СКАД для диагностики и лечения, а также наличие кратких, локальных и корректно переведенных клинических рекомендаций с четкими инструкциями, например, мнемонический протокол «722» (7 дней, 2 раза в день, 2 измерения за сеанс), рекомендованный в Тайване, может способствовать широкому и корректному внедрению СКАД [27]. Ввиду объективных причин мы не могли оценить, было ли уделено достаточное время на приеме у врача корректному выполнению СКАД, однако при качественном анализе полноты рекомендаций было выявлено, что в подавляющем количестве случаев рекомендация была шаблонной и краткой.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на преимущества исследования, необходимо также отметить его ограничения. Во-первых, наша выборка – пациенты, которые были проконсультированы в крупном федеральном центре, в том числе у узких специалистов, что зачастую представляет собой не истинно первый визит человека к врачу, а скорее направление или самообращение пациентов с более сложными клиническими ситуациями, получивших ранее рекомендации по выполнению СКАД или уже выполняющих его самостоятельно. Во-вторых, учитывая технические ограничения при анализе данных МИС, невозможно с точностью сказать о том, получал ли пациент, включенный в базу в указанный временной промежуток, консультацию в этом же центре до 01.09.2018 у того же врача или у врача с такой же специализацией, поскольку в таком случае повторная рекомендация СКАД могла быть опущена для экономии времени. Также нельзя исключить и тот факт, что рекомендации по выполнению СКАД могли быть даны в устном виде и не были подкреплены письменно. Не учтен и ряд других факторов или параметров, как, например, данные лабораторных и инструментальных тестов, данные о поражении органов-мишеней или проведенных

оперативных вмешательствах, что ограничивает интерпретацию результатов регрессионного анализа и его внешнюю валидность. Это ограничение планируется обойти в дальнейшем при добавлении дополнительной информации в базу и ее расширенном анализе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование демонстрирует, что врачи-кардиологи федерального центра назначают СКАД подавляющему большинству пациентов с АГ. Анализ подтверждает клиническую обоснованность этих назначений, выявляя их четкую связь с объективными показателями тяжести заболевания и возрастом. Разработанная прогнозная модель на основе машинного обучения показала высокую эффективность в предсказании рекомендаций по СКАД, при этом текстовые описания диагнозов в ЭМК продемонстрировали наибольшую ценность. Полученные результаты обосновывают возможность создания систем поддержки врачебных решений на основе разработанной модели для оптимизации назначения СКАД, что, в свою очередь, будет способствовать более точной верификации диагноза, улучшению контроля АГ и повышению эффективности терапии.

Конфликт интересов / Conflict of interest

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

Финансирование / Funding

Работа выполнена в рамках реализации проекта государственного задания «Разработка персонализированного комплексного подхода к ведению пациентов с неконтролируемой эссенциальной артериальной гипертензией с применением прямых методов оценки приверженности к лечению и телемедицинских технологий», рег. номер ЕГИСУ НИОКТР 125031904080-9. / The study was carried out as part of the implementation of the state assignment project «Development of a personalized comprehensive approach to the management of patients with uncontrolled essential arterial hypertension using direct methods of treatment adherence assessment and telemedicine technologies», registration number 125031904080-9.

Соответствие нормам этики / Compliance with ethical principles

Авторы заявляют об отсутствии использования генеративного искусственного интеллекта. / The authors declare no use of Generative AI in the preparation of this manuscript.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCE

1. Kallioinen N, Hill A, Horswill MS, et al. Sources of inaccuracy in the measurement of adult patients' resting blood pressure

in clinical settings: a systematic review. *J Hypertens*. 2017;35:421–441. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001197>

2. Платонова Е. В., Федорова Е. Ю., Горбунов В. М. Офисное артериальное давление: преодоление проблем диагностики и контроля лечения артериальной гипертензии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(8):3263. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3263>

Platonova EV, Fedorova EYu, Gorbunov VM. Office blood pressure: overcoming the problems of diagnosis and control of arterial hypertension treatment. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21:3263. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3263>

3. Booth JN, Hubbard D, Sakhuja S, et al. Proportion of US adults recommended out-of-clinic blood pressure monitoring according to the 2017 hypertension clinical practice guidelines. *Hypertension*. 2019;74:399–406. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12775>

4. Noubiap JJ, Nansseu JR, Nkeck JR, et al. Prevalence of white coat and masked hypertension in Africa: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2018;20:1165–1172. <https://doi.org/10.1111/jch.13321>

5. Gorostidi M, Vinyoles E, Banegas JR, de la Sierra A. Prevalence of white-coat and masked hypertension in national and international registries. *Hypertens Res*. 2015;38:1–7. <https://doi.org/10.1038/hr.2014.149>

6. Andraos J, Munjy L, Kelly MS. Home blood pressure monitoring to improve hypertension control: a narrative review of international guideline recommendations. *Blood Pressure*. 2021;30:220–229. <https://doi.org/10.1080/08037051.2021.1911622>

7. Ntineri A, Kalogeropoulos PG, Kyriakoulis KG, et al. Prognostic value of average home blood pressure and variability: 19-year follow-up of the Didima study. *Journal of Hypertension*. 2018;36:69–76. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001497>

8. Kario K. State-of-the-Art review: Home blood pressure monitoring: current status and new developments. *Am J Hypertens*. 2021;hpab017. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpab017>

9. Кобалава Ж. Д., Конради А. О., Недогода С. В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29:6117. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6117>

Kobalava ZhD, Konradi AO, Nedogoda SV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(9):6117. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6117>

10. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*. 2018;39:3021–104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>

11. Ионов М. В., Конради А. О. Телемедицинское наблюдение пациентов с артериальной гипертензией: кому, как и как долго? *Артериальная гипертензия*. 2022;28(2):108–125. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2022-28-2-108-125>

- Ionov MV, Konradi AO. Telehealth in hypertensive patients: to whom, how and for how long? *Arterial Hypertension*. 2022;28(2):108–125. (In Russ.) <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2022-28-2-108-125>
12. Wang JG, Bunyi ML, Chia YC, et al. Insights on home blood pressure monitoring in Asia: Expert perspectives from 10 countries/regions. *Journal of Clinical Hypertension*. 2021;23:3–11. <https://doi.org/10.1111/jch.14074>
13. Clapham E, Picone DS, Carmichael S, et al. Home blood pressure measurements are not performed according to guidelines and standardized education is urgently needed. *Hypertension*. 2025;82:149–59. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.124.23678>
14. Behnke CN, Litvin CB. Exploration of patients' practices related to home blood pressure monitoring. *J Hum Hypertens*. 2024;38:81–83. <https://doi.org/10.1038/s41371-023-00871-5>
15. Daniel H, Christian W, Robin H, et al. Statin treatment after acute coronary syndrome: Adherence and reasons for non-adherence in a randomized controlled intervention trial. *Scientific Reports*. 2019;9:12079. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48540-3>
16. Cepeda M, Pham P, Shimbo D. Status of ambulatory blood pressure monitoring and home blood pressure monitoring for the diagnosis and management of hypertension in the US: an up-to-date review. *Hypertens Res*. 2023;46:620–629. <https://doi.org/10.1038/s41440-022-01137-2>
17. Ostchega Y, Berman L, Hughes JP, et al. Home blood pressure monitoring and hypertension status among US adults: the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 2009–2010. *Am J Hypertens*. 2013;26:1086–1092. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpt054>
18. Tang O, Foti K, Miller ER, et al. Factors associated with physician recommendation of home blood pressure monitoring and blood pressure in the us population. *Am J Hypertens*. 2020;33:852–859. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpaa093>
19. Bryant KB, Green MB, Shimbo D, et al. Home blood pressure monitoring for hypertension diagnosis by current recommendations: a long way to go. *Hypertension*. 2022;79:e15–7. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18463>
20. Wander GS, Salman E, Matsushita N, Verma N. Awareness and recommendation of home blood pressure measurement among physicians in India: Results from Asia HBPM survey 2020. *Indian Heart Journal*. 2023;75:169–176. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2023.04.004>
21. Wang T-D, Ohkubo T, Bunyi ML, et al. Current realities of home blood pressure monitoring from physicians' perspectives: results from Asia HBPM survey 2020. *Hypertens Res*. 2023;46:1638–49. <https://doi.org/10.1038/s41440-023-01259-1>
22. Xavier M, Jérôme T, Guillaume P-H, et al. Home blood-pressure measurement for the diagnosis and monitoring of arterial hypertension by French general practitioners: a cross-sectional survey in the Auvergne region. *BMC Fam Pract*. 2021;22:7. <https://doi.org/10.1186/s12875-020-01358-9>
23. Springer MV, Malani P, Solway E, et al. Prevalence and frequency of self-measured blood pressure monitoring in us adults aged 50–80 years. *JAMA Netw Open*. 2022;5:e2231772. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.31772>
24. Thorpe CT, Oddone EZ, Bosworth HB. Patient and social environment factors associated with self blood pressure monitoring by male veterans with hypertension. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2008;10:692–699. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7176.2008.00005.x>
25. Nessler K, Krztoń-Królewiecka A, Suska A, et al. The reliability of patient blood pressure self-assessments – a cross-sectional study. *BMC Prim Care*. 2023;24:2. <https://doi.org/10.1186/s12875-022-01962-x>
26. McManus RJ, Wood S, Bray EP, et al. Self-monitoring in hypertension: a web-based survey of primary care physicians. *J Hum Hypertens*. 2014;28:123–127. <https://doi.org/10.1038/jhh.2013.54>
27. Lin H-J, Wang T-D, Yu-Chih Chen M, et al. 2020 consensus statement of the Taiwan hypertension society and the Taiwan society of cardiology on home blood pressure monitoring for the management of arterial hypertension. *Acta Cardiol Sin*. 2020;36:537–561. [https://doi.org/10.6515/ACS.202011_36\(6\).20201106](https://doi.org/10.6515/ACS.202011_36(6).20201106)

Информация об авторах:

Ионов Михаил Васильевич – канд. мед. наук, науч. сотр. научно-исследовательской лаборатории патогенеза и терапии артериальной гипертензии научно-исследовательского отдела «Артериальная гипертензия», ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, dr.mikhail.ionov@gmail.com, ORCID 0000-0002-3664-5383;

Емельянов Игорь Витальевич – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. научно-исследовательской лаборатории патогенеза и терапии артериальной гипертензии научно-исследовательского отдела «Артериальная гипертензия», ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, iemelyanov@inbox.ru, ORCID 0000-0002-3176-0606;

Вашенков Владислав Владимирович – канд. мед. наук, доцент, начальник отдела медицинских информационных систем Управления информационных технологий, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, vashchenkov_vv@almazovcentre.ru, ORCID 0000-0003-4551-3283;

Воронин Яков Павлович – инженер отдела медицинских информационных систем Управления информационных технологий, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, Voronin_yar@almazovcentre.ru;

Гайбалиев Эмиль Эльнур оглы – студент 2-го курса магистратуры программы «Большие данные и машинное обучение» факультета технологий ИИ, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, emil_gaibaliyev@mail.ru, ORCID 0009-0009-2214-6549;

Ковальчук Сергей Валерьевич – канд. техн. наук, доцент факультета технологий ИИ, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, sergey.v.kovalchuk@gmail.com, ORCID 0000-0001-8828-4615;

Конради Александра Олеговна – д-р мед. наук, академик Российской академии наук, заместитель генерального директора по научной работе ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, konradi@almazovcentre.ru, ORCID 0000-0001-8169-7812.

Вклад авторов:

Ионов М. В. – анализ и интерпретация полученных данных; Емельянов И. В. – анализ и интерпретация полученных данных; Вашенков В. В. – окончательное утверждение для публикации рукописи; Воронин Я. П. – анализ и интерпретация полученных данных; Гайбалиев Э. Э. – анализ и интерпретация полученных данных; Ковальчук С. В. – окончательное утверждение для публикации рукописи; Конради А. О. – разработка концепции и дизайна исследования, окончательное утверждение для публикации рукописи.

Authors information:

Mikhail V. Ionov, MD, PhD, Researcher, Department for Arterial Hypertension, Department for Arterial Hypertension, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, dr.mikhail.ionov@gmail.com, ORCID 0000-0002-3664-5383;

Igor V. Emelyanov, MD, PhD, Senior Researcher, Department for Arterial Hypertension, Department for Arterial Hypertension, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, iemelyanov@inbox.ru, ORCID 0000-0002-3176-0606;

Vladislav V. Vashchenkov, MD, PhD, Associated Professor, Head of the Medical Information Systems Department, Infor-

mation Technology Department, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, vashchenkov_vv@almazovcentre.ru, ORCID 0000-0003-4551-3283;

Yakov P. Voronin, Engineer in the Medical Information Systems Department, Information Technology Department, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, Voronin_yap@almazovcentre.ru;

Emil E. Gaibaliev, 2nd year MSc student in the “Big Data and Machine Learning” program at the Faculty of AI Technologies, ITMO University, St. Petersburg, Russia, emil_gaibaliev@mail.ru, ORCID 0009-0009-2214-6549;

Sergey V. Kovalchuk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Faculty of AI Technologies, ITMO University, St. Petersburg, Russia, sergey.v.kovalchuk@gmail.com, ORCID 0000-0001-8828-4615;

Aleksandra O. Konradi, MD, DSc, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department for Arterial Hypertension, Deputy General Director on Research, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, konradi@almazovcentre.ru, ORCID 0000-0001-8169-7812.

Contribution of the authors:

Ionov M. V. – data analysis and interpretation; Emelyanov I. V. – data analysis and interpretation; Vashchenkov V. V. – final approval of the manuscript for publication; Voronin Y. P. – data analysis and interpretation; Gaibaliev E. E. – data analysis and interpretation; Kovalchuk S. V. – final approval of the manuscript for publication; Konradi A. O. – study concept and design, final approval of the manuscript for publication.

Поступила в редакцию / Received: 20.11.2025

Принята к публикации / Accepted: 29.07.2026
