

КУМУЛЯТИВНОЕ АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ: МЕТОДИКА РАСЧЁТА И КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ С СОХРАНЁННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

²Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова, г. Актобе, Казахстан

Контактное лицо: Посохов Игорь Николаевич: igor@posohov.ru

Резюме

Сердечная недостаточность, актуальная проблема современной кардиологии, более чем в 50 % наблюдений протекает с сохраненной фракцией выброса. Скрининг и изменение факторов риска при СНсФВ могут быть эффективной стратегией для улучшения долгосрочных результатов лечения пациентов. Одной из важных составляющих такой стратегии является контроль артериальной гипертензии. Современные исследования показали, что медикаментозный контроль, направленный не только на снижение базового АД, но и на минимизацию его долгосрочного воздействия, приводит к дополнительной пользе для пациента, в большей степени снижая сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность, а также частоту повторных госпитализаций. Данный обзор посвящён способу расчёта показателя, демонстрирующего долгосрочное влияние АД при сердечной недостаточности и его клиническому значению.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, кумулятивное артериальное давление, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса

Для цитирования: Посохов И.Н., Ешниязов Н.Б., Медовщиков В.В., Жолдин Б.К., Курманалина Г.Л. Кумулятивное артериальное давление: методика расчёта и клиническое значение при сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №1. С. 57–61. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-1-57-61

Cumulative Blood Pressure: Calculation Method and Clinical Significance in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction

¹International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

²West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan

Contact person: Posokhov Igor Nicolaevich: igor@posohov.ru

Abstract

Heart failure, a pressing issue in modern cardiology, occurs with preserved ejection fraction in more than 50% of cases. Screening and risk factor modification in HFpEF can be an effective strategy for improving long-term patient outcomes. One of the important components of such a strategy is hypertension control. Modern studies have shown that pharmaceutical control aimed not only at lowering baseline BP but also at minimizing its long-term impact leads to additional benefits for the patient, reducing cardiovascular morbidity and mortality, as well as the frequency of hospital readmissions. Our review reveals a method for calculating an indicator demonstrating the long-term impact of BP in heart failure and its clinical significance

Keywords: hypertension, cumulative blood pressure, heart failure with preserved ejection fraction

For citation: Posokhov IN, Yeshniyazov NB, Medovchshikov VV, Zholdin BK, Kurmanalina GL. Cumulative Blood Pressure: Calculation Method and Clinical Significance in Heart Failure with Preserved Ejection Fractions. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.1:57-61. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-1-57-61

Сердечная недостаточность является завершающим состоянием многих сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), и распространенность его довольно высока [1]. Более 50 % наблюдений составляет известная форма сердечной недостаточности: с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ). Поиск эффективных методов лечения СНсФВ продолжается до сих пор [2]. Скрининг и изменение факторов риска на ранней стадии могут быть эффективной стратегией для улучшения долгосрочных результатов у пациентов с СНсФВ [3]. Как традиционный фактор риска ССЗ, артериальная гипертензия (АГ) является одним из наиболее распространенных сопутствующих состояний при СНсФВ,

усиливая возможные пути патогенеза, или даже являясь её причиной. АГ обнаруживается у 75–85 % пациентов [4], как в Казахстане [3], так и в России [1]. Следовательно, антигипертензивная терапия является важным аспектом лечения СНсФВ.

Ряд исследований показывает значимость долгосрочного воздействия повышенного артериального давления (АД) на частоту ССЗ и смертность [5]. Однако, большинство исследований пациентов с СНсФВ сосредоточено на влиянии АД, измеренного в один временной промежуток, при этом кумулятивному АД (КумАД) уделяется незаслуженно мало внимания, хотя есть достаточно убедительные данные об ассоциации такого АД с более высоким

риском неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов [6]. В связи с этим, целью настоящего обзора явилось обсуждение как методики расчёта КумАД, или, что корректнее, усреднённого по времени КумАД (УКумАД), так и его клинического значения.

Методика расчёта усреднённого по времени кумулятивного артериального давления

Расчёт УКумАД проводится на основании офисных измерений АД, которые должны быть стандартизированы и проведены хорошо обученным персоналом. Наилучшей является оптимизированная процедура измерения АД, рекомендованная комиссией Ланцет [7]. Схема, облегчающая понимание расчётов, представлена в рис. 1.

Вначале вычисляется КумАД, которое представляет собой сумму средних значений каждой пары последовательных обследований, умноженных на время между визитами. Графически результат вычисления можно представить как площадь под кривой АД (рис. 1). Клинически, этот показатель напоминает используемый в пульмонологии индекс, оценивающий интенсивность курения пациента с ХОБЛ в количестве «пачка-лет». Затем, КумАД усредняется по времени, УКумАД выражается в результате деления КумАД (минимум за 3 визита) на весь период наблюдения и измеряется в мм рт. ст. [6].

Вычисление УКумАД (систолического) можно описать следующей формулой:

$$\text{УКумАД} = \frac{\sum_{n=1}^k \frac{(Y_{\text{АД}T_{n+1}} + Y_{\text{АД}T_n})(T_{n+1} - T_n)}{2}}{T_k - T_1}$$

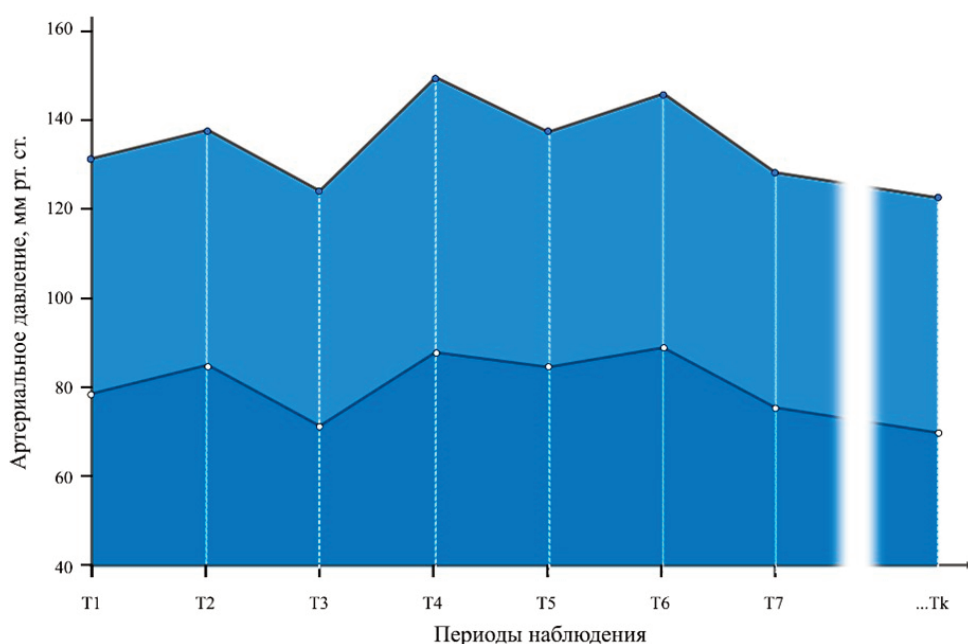


Рис. 1. Графическое представление кумулятивного артериального давления
Fig. 1. Graphical representation of cumulative blood pressure.

Диастолическое УКумАД вычисляется аналогично.

Подобно тому, как вычисление variability АД по результатам домашнего мониторинга только лишь кажется сложным до тех пор, пока не использованы электронные таблицы [8], вычисление УКумАД с использованием данного инструмента также не представляет никаких сложностей и выполняется почти моментально.

При вычислении УКумАД в Excel следует иметь в виду следующие моменты: при вычислении только КумАД, выраженного в количестве «мм рт. ст.-лет» следует использовать функцию РАЗНДАТ с параметром «D», чтобы получить периоды в днях, а затем делить их на 365, чтобы получить точное значение (с десятичной дробью). Использование функции РАЗНДАТ с параметром «Y» возвращает количество полных лет между двумя днями (целым числом), что не позволяет вычислить точное КумАД. При вычислении УКумАД переводить значение РАЗНДАТ в годы не обязательно, так как в результате деления остаётся величина, измеряемая в мм рт. ст. Пример вычисления УКумАД с использованием электронных таблиц представлен в рис. 2.

В примере на рисунке 2 вычисления проведены в 2 этапа. Вначале (рис.) в столбце «С» проведена часть вычислений, следующих до суммирования. Использовано выражение $=((B2+B3)*\text{РАЗНДАТ}(A2;A3;»D»))/2$.

Обратите внимание, что функция суммирует АД с вышележащим значением. Разница дат также вычисляется между каждым выбранным и вышележащим значением. В итоге получается столбец с $k-1$ записями. В каждой ячейке столбца фактически содержится площадь одной из прямоугольных трапеций, что были изображены на рис. 1. Затем (рис. 2, Б) значения в столбце суммируются и делятся на

разницу между начальной и конечной датой, с выражением, например, $\text{=СУММ}(C3:C7)/\text{РАЗНДАТ}(A2;A7;»D»)$.

Данный пример приведён для людей, имеющих элементарные навыки в математике, однако, при желании, внимательности и более продвинутом владении функциями (или программированием), можно оптимизировать вычисления до одного выражения в строке.

Клиническое значение усреднённого по времени кумулятивного артериального давления

Хорошо известна связь между уровнями АД и клиническими исходами у пациентов с СНсФВ, что было показано в исследованиях ONTARGET и TRANSCEND [9]. Это даёт предпосылки прогнозирования течения СНсФВ. Однако, имеются и некоторые противоречия в данных. Так, по данным одних авторов, более высокое САД при поступлении таких пациентов в стационар, было связано с более низким риском смерти от всех причин в течение 1 года [10]. Другие же авторы, при анализе данных исследования TOPCAT обнаружили обратные результаты [11]. Возможно, обнаруженные связи имеют ограничения для установления долгосрочного прогноза, ведь АД может значительно меняться и в результате неотложной терапии, в период острой декомпенсации, и возможного несоблюдения режима приема лекарств после выписки, и по множеству других причин [12].

Обнадёживающим представляется подход, в котором АД регистрируется не в одной «временной точке», а оценивается его продолжительное воздействие, обуславливающее основные сердечно-сосудистые эффекты, связанные с АД [13].

Известно несколько исследований, которые показали значимость долгосрочного воздействия АД на частоту ССЗ и смертность [5, 6, 14, 15]. Известность приобрело исследование CARDIA, в котором обнаружено, что длительное воздействие повышенного АД может быть одной из причин сердечно-сосудистых заболеваний, включая хронический атеросклеротический процесс [16], структурные и функциональные изменения левого предсердия и желудочка [17], при этом КумАД может иметь независимое от обычного АД (и дополняющее его) прогностическое значение [18].

Заслуживает внимания *post-hoc* анализ вышеупомянутого исследования TOPCAT, в котором использовались расчёты УКумАД [6]. Измерения АД у большого количества пациентов проводились на исходном уровне, через 4 недели, 8 недель, 4 месяца, 8 месяцев, 12 месяцев и с интервалом в 6 месяцев в течение периода до 6 лет. Результаты этого анализа показали, что оптимальным диапазоном УКумАД_с является 120–129 мм рт. ст., а для УКумАД_д 70–79 мм рт. ст. По данным авторов, подсчёт показателя облегчает выявление пациентов с высоким риском неблагоприятного исхода и требующих более интенсивного лечения, так как даже если среднее АД хорошо контролируется, УКумАД, выходящее за пределы этого диапазона (ниже или выше), может представлять угрозу в плане сердечно-сосудистых осложнений. Этот вывод авторы сделали на основе обнаруженной U-образной связи между УКумАД и частотой смерти от всех причин, сердечно-сосудистой смертности и числом повторных госпитализаций по поводу сердечной недостаточности среди участников с СНсФВ.

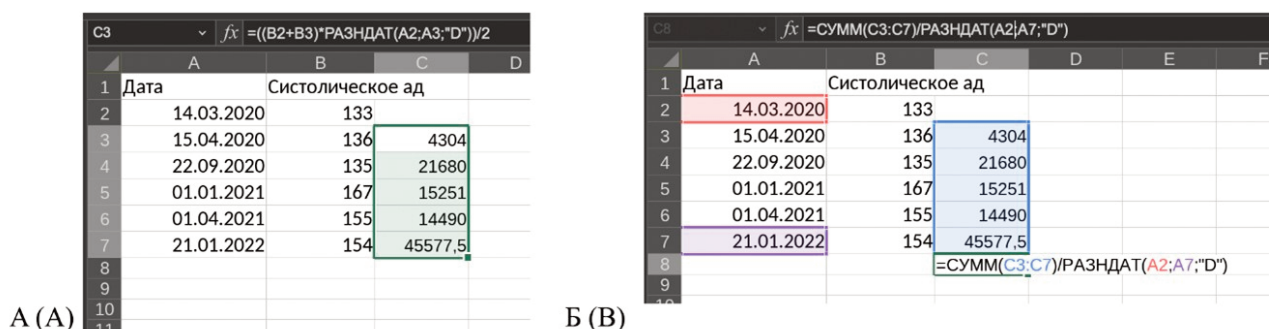


Рис. 2. Вычисление усреднённого по времени кумулятивного артериального давления. А: первый этап, Б: второй этап. Объяснения в тексте.

Fig. 2. Calculation of time-averaged cumulative arterial pressure. A: first stage, B: second stage. For further explanation, see text.

Существует несколько исследований, посвященных основным патологическим механизмам, объединяющим процесс, маркером которого является УКуМАД и неблагоприятные исходы у пациентов с СНсФВ. К таким механизмам ним можно отнести нарушения реактивности и жесткости крупных артерий, их ремоделирование, а также неблагоприятные изменения в структуре сердца [17, 19, 20]. Когда УКуМАД_c ниже 120 мм рт. ст., риск неблагоприятных исходов увеличивается по причине того, что функции важных органов ограничены отсутствием достаточного кровоснабжения [6, 21].

В качестве возможной перспективы дальнейших научных исследований представляется использование домашнего мониторинга АД (ДМАД) для расчётов УКуМАД у пациентов с СНсФВ. Измерения АД при ДМАД также осуществляются в стандартизированных условиях, но, по сравнению с измерением АД в офисе, ДМАД может быть более точным, в том числе из-за устранения эффекта белого халата. Кроме этого, ДМАД способствует

большей приверженности пациентов [22], а это обозначает больше измерений АД и более точный расчёт УКуМАД,

Заключение

АГ, как одно из наиболее распространенных сопутствующих состояний при СНсФВ, приводит к ухудшению состояния сердечно-сосудистой системы, поэтому важную роль в ведении пациентов играет антигипертензивная терапия. Такая терапия должна быть направлена не только на снижение базового АД, но и на контроль УКуМАД. Более высокое или более низкое УКуМАД тесно связано с увеличенным риском неблагоприятных событий при СНсФВ, демонстрируя U-образную корреляцию. За оптимальный диапазон систолического УКуМАД следует принять 120–129 мм рт. ст., а диастолического – 70–79 мм рт. ст. Расчёт УКуМАД с использованием электронных таблиц не представляет сложности и легко применим в рутинной клинической практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Хроническая сердечная недостаточность: Клинические рекомендации / Российское кардиологическое общество // Российский кардиологический журнал. 2020. Т.25. №11. С. 4083 [Chronic Heart Failure: Clinical Guidelines. Russian Society of Cardiology. Rossiyskiy Kardiologicheskii Zhurnal = Russian Cardiology Journal. 2020;25;11:4083 (In Russ.)]. doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4083
2. Шляхто Е.В., Беленков Ю.Н., Бойцов С.А. и др. Результаты промежуточного анализа проспективного наблюдательного многоцентрового регистрового исследования пациентов с хронической сердечной недостаточностью в Российской Федерации "ПРИОРИТЕТ-ХСН": исходные характеристики и лечение первых включенных пациентов // Российский кардиологический журнал. 2023. Т.28. №10. С. 5593. [Shlyakhto Ye.V., Belenkov YU.N., Boytsov S.A., et al. Results of the Interim Analysis of the Prospective Observational Multicenter Registry Study of Patients with Chronic Heart Failure in the Russian Federation "PRIORITY-CHF": Baseline Characteristics and Treatment of the First Included Patients. Rossiyskiy Kardiologicheskii Zhurnal = Russian Cardiology Journal. 2023;28;10:5593 (In Russ.)]. doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5593
3. Жолдин Б.К., Ерниязов Н.Б., Медовщиков В.В., Курманалина Г.Л. Модифицируемые факторы риска и их влияние на развитие сердечно-сосудистых заболеваний // Медицинский журнал Западного Казахстана. 2017. Т.1. №53. С. 4-12 [Zholdin B.K., Yeshniyazov N.B., Medovshchikov V.V., Kurmanalina G.L. Modifiable Risk Factors and their Impact on the Development of Cardiovascular Diseases. Meditsinskiy Zhurnal Zapadnoy Kazakhstan = Medical Journal of Western Kazakhstan. 2017;1;53:4-12 (In Russ.)]. https://elibrary.ru/download/elibrary_32660758_27463815.pdf
4. Hicklin H.E., Gilbert O.N., Ye F., Brooks J.E., Upadhyay B. Hypertension as a Road to Treatment of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. Curr Hypertens Rep. 2020 Sep 3;22;10:82. doi.org/10.1007/s11906-020-01093-7
5. Reges O., Ning H., Wilkins J.T., Wu C.O., Tian X., Domanski M.J., Lloyd-Jones D.M., Allen N.B. Association of Cumulative Systolic Blood Pressure with Long-Term Risk of Cardiovascular Disease and Healthy Longevity: Findings from the Lifetime Risk Pooling Project Cohorts. Hypertension. 2021 Feb;77;2:347-356. doi.org/10.1161/hypertensionaha.120.15650
6. Huang R., Wu R., Lin Y., Zhong X., Ye X., Zhuang X., Liao X. Time-Averaged Cumulative Blood Pressure and Cardiovascular Outcomes in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: Analysis from the Treatment of Preserved Cardiac Function Heart Failure with an Aldosterone Antagonist trial. J Hypertens. 2022 Oct 1;40;10:1918-1926. doi.org/10.1097/HJH.0000000000003177
7. Padwal R., Campbell N.R.C., Schutte A.E., et al. Optimizing Observer Performance of Clinic Blood Pressure Measurement: a Position Statement from the Lancet Commission on Hypertension Group. J Hypertens. 2019 Sep;37;9:1737-1745. doi.org/10.1097/HJH.0000000000002112
8. Посохов И.Н., Орлова О.С., Бородулина Т.А., Василишин Д.В. Расчет распространенных показателей variability артериального давления при домашнем мониторинге с использованием электронных таблиц // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. 2023. №4. С. 43-47 [Posokhov I.N., Orlova O.S., Borodulina T.A., Vasilishin D.V. Calculation of Common Indicators of Blood Pressure Variability During Home Monitoring Using Spreadsheets. Klinicheskiy Vestnik FMBTS im. A.I. Burnazyana = Clinical Bulletin of the A.I. Burnazyana Federal Medical and Biophysical Center. 2023;4:43-47 (In Russ.)]. doi.org/10.33266/2782-6430-2023-4-43-47
9. Böhm M., Schumacher H., Teo K.K., et al. Achieved Blood Pressure and Cardiovascular Outcomes in High-Risk Patients: Results from ONTARGET and TRANSCEND Trials. Lancet. 2017 Jun 3;389;10085:2226-2237. doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30754-7
10. Lee J.H., Lee J.W., Youn Y.J., et al. Prognostic Impact of Preexisting Hypertension and High Systolic Blood Pressure at Admission in Patients Hospitalized for Systolic Heart Failure. J Cardiol. 2016 May;67;5:418-23. doi.org/10.1016/j.jcc.2015.08.005
11. Selvaraj S., Claggett B., Shah S.J., et al. Systolic Blood Pressure and Cardiovascular Outcomes in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: an Analysis of the Topcat Trial. Eur J Heart Fail. 2018 Mar;20;3:483-490. doi.org/10.1002/ehf.1060
12. Naderi SH, Bestwick JP, Wald DS. Adherence to Drugs that Prevent Cardiovascular Disease: Meta-Analysis on 376,162 Patients. Am J Med. 2012 Sep;125;9:882-7.e1 doi.org/10.1016/j.amjmed.2011.12.013
13. Ference B.A., Bhatt D.L., Catapano A.L., et al. Association of Genetic Variants Related to Combined Exposure to Lower Low-Density Lipoproteins and Lower Systolic Blood Pressure with Lifetime Risk of Cardiovascular Disease. JAMA. 2019 Oct 8;322;14:1381-1391. doi.org/10.1001/jama.2019.14120
14. Pool L.R., Ning H., Wilkins J., Lloyd-Jones D.M., Allen N.B. Use of Long-term Cumulative Blood Pressure in Cardiovascular Risk Prediction Models. JAMA Cardiol. 2018 Nov 1;3;11:1096-1100. doi.org/10.1001/jamacardio.2018.2763
15. Wei F.F., Zhou Y., Wu Y., et al. Clinical Information from Repeated Blood Pressure Measurements in the Management of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. Hypertens. Res. 2023 Feb;46;2:475-484. doi.org/10.1038/s41440-022-01079-9
16. Allen N.B., Siddique J., Wilkins J.T., Shay C., Lewis C.E., Goff D.C.,

- Jacobs D.R. Jr, Liu K., Lloyd-Jones D. Blood Pressure Trajectories in Early Adulthood and Subclinical Atherosclerosis in Middle Age. *JAMA*. 2014 Feb 5;311;5:490-7. doi.org/10.1001/jama.2013.285122
17. Kishi S., Teixido-Tura G., Ning H., et al. Cumulative Blood Pressure in Early Adulthood and Cardiac Dysfunction in Middle Age: The CARDIA Study. *J Am Coll Cardiol*. 2015 Jun 30;65;25:2679-87. doi.org/10.1016/j.jacc.2015.04.042
18. Nwabuo C.C., Appiah D., Moreira H.T., et al. Long-Term Cumulative Blood Pressure in Young Adults and Incident Heart Failure, Coronary Heart Disease, Stroke and Cardiovascular Disease: the Cardia Study. *Eur J Prev Cardiol*. 2021 Oct 25;28;13:1445-1451. doi.org/10.1177/2047487320915342
19. Jaroch J., Rzyckowska B., Bociaga Z., et al. Arterial-Atrial Coupling in Untreated Hypertension. *Blood Press*. 2015 Apr;24;2:72-8. doi.org/10.3109/08037051.2014.986929
20. Teramoto K., Nadruz Junior W., Matsushita K., et al. Mid- to Late-Life Time-Averaged Cumulative Blood Pressure and Late-Life Cardiac Structure, Function, and Heart Failure. *Hypertension*. 2020 Sep;76;3:808-818. doi.org/10.1161/hypertensionaha.120.14833
21. Sandesara P.B., O'Neal W.T., Kelli H.M., Topel M., Samman-Tahhan A., Sperling L.S. Diastolic Blood Pressure and Adverse Outcomes in the TOPCAT (Treatment of Preserved Cardiac Function Heart Failure with an Aldosterone Antagonist) Trial. *J Am Heart Assoc*. 2018 Feb 23;7;5:e007475. doi.org/10.1161/JAHA.117.007475
22. Посохов И.Н., Праскурничий Е.А. Что изменилось в домашнем мониторингировании артериального давления за десятилетие // Российский кардиологический журнал. 2024. Т.29. №3S. С. 81-87 [Posokhov I.N., Praskurnichiy Ye.A. What has Changed in Home Blood Pressure Monitoring over the Past Decade? *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal* = Russian Journal of Cardiology. 2024;29;3S:81-87 (In Russ.)]. doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5966

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 11.09.2024. **Принята к публикации:** 15.10.2024.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 11.09.2024. **Accepted for publication:** 15.10.2024