

ISSN 1561-8323 (Print)
ISSN 2524-2431 (Online)

МЕДИЦИНА
MEDICINE

УДК 616.13-091.8:[616.12-008.331.1+616.831-005.8.06]-07
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-5-525-532>

Поступило в редакцию 07.06.2022
Received 07.06.2022

О. Г. Киндалёва¹, Т. П. Пронько¹, М. А. Добродей¹, член-корреспондент С. В. Губкин²

¹Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Республика Беларусь

²Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

**ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЖЕСТКОСТИ АРТЕРИЙ
У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ЛИЦ
С ОТЯГОЩЕННЫМ АНАМНЕЗОМ ПО ИНФАРКТУ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Аннотация. Представлены сведения о прогностической значимости комплексного подхода в определении параметров жесткости сосудистой стенки. Обследовано 159 человек с артериальной гипертензией (АГ) и с АГ после перенесенного ишемического инфаркта головного мозга. При помощи уравнения бинарной регрессии с пробит-функцией связи построена модель с условным линейным предиктором (ЛП), представляющим собой совокупность показателей возраста (В), скорости клубочковой фильтрации (СКД-ЕПИ), скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), толщины комплекса интима-медиа (КИМ), сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (СЛСИ) и индекса аугментации (ИА) с целью составления прогноза в отношении сердечно-сосудистых событий. Уравнение имеет следующий вид: $ЛП = -6,6139 - 0,0978В + 0,031СКД-ЕПИ + 0,0758СРПВ + 3,2086КИМ + 0,4421СЛСИ + 1,2429ИА$. Порог отсечения по ЛП = 0,0238, чувствительность (Se) 85,71 %, специфичность (Sp) 77,0 % и точность (Acc) 78,07 %.

Ключевые слова: жесткость сосудистой стенки, прогноз, артериальная гипертензия, ишемический инфаркт головного мозга

Для цитирования. Прогностическая роль параметров жесткости артерий у пациентов с артериальной гипертензией, включая лиц с отягощенным анамнезом по инфаркту головного мозга / О. Г. Киндалёва [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 5. – С. 525–532. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-5-525-532>

Volha G. Kindaliova¹, Tatiana P. Pronko¹, Maria A. Dobrodey¹, Corresponding Member Sergey V. Gubkin²

¹Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

²Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

**PREDICTIVE SIGNIFICANCE OF A COMPLEX APPROACH IN DETERMINING
THE VASCULAR WALL STIFFNESS PARAMETERS IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION
AND IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION AFTER ISCHEMIC STROKE**

Abstract. The article presents the information about the predictive significance of a complex approach in determining vascular wall stiffness parameters. A total of 159 people with arterial hypertension (AH) and AH after a previous ischemic stroke were examined. A model with a conditional linear predictor (LP) was constructed, using a binary regression equation with a probit-link function for prediction of cardiovascular events. LP is a combination of indicators such as age (A), glomerular filtration rate (CKD-EPI), pulse wave velocity (PWV), intima-media thickness (IMT), cardio-ankle vascular index (CAVI) and augmentation index (AI). The equation has the following form: $LP = -6.6139 - 0.0978A + 0.031CKD-EPI + 0.0758PWV + 3.2086IMT + 0.4421CAVI + 1.2429AI$. The cut-off threshold for LP = 0.0238, sensitivity (Se) 85.71 %, specificity (Sp) 77 % and accuracy (Acc) 78.07 %.

Keywords: arterial stiffness, prognosis, arterial hypertension, ischemic stroke

For citation. Kindaliova V. G., Pronko T. P., Dobrodey M. A., Gubkin S. V. Predictive significance of a complex approach in determining the vascular wall stiffness parameters in patients with arterial hypertension and in patients with arterial hypertension after ischemic stroke. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2022, vol. 66, no. 5, pp. 525–532 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-5-525-532>

Введение. Артериальная гипертензия (АГ) – одно из самых распространенных заболеваний, повышающих риск смерти от ишемической болезни сердца (ИБС) и инфаркта головного мозга [1–4].

Согласно современным представлениям, одну из основных ролей в развитии АГ и ее осложнений играет повышение жесткости стенки артерий, так как сосудистая стенка является органом-мишенью гипертензивного процесса [2; 3; 5; 6].

Наиболее частым и давно используемым неинвазивным методом оценки жесткости сосудистой стенки является измерение скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) [7; 8].

Еще одним показателем, связанным с состоянием сосудистой стенки при АГ, а именно с ее упругоэластичными свойствами, является систоло-диастолическое соотношение или, по-другому, индекс резистентности [2]. Это отношение величины максимальной систолической к конечной диастолической скорости кровотока. Согласно литературным данным, индекс резистентности у лиц при АГ и ее осложнениях выше по сравнению со здоровыми лицами [9]. Специфическим ультразвуковым эквивалентом дистальных сосудистых реакций при АГ, связанных с ремоделированием и фиброзно-склеротической трансформацией, является повышение индекса периферического сопротивления.

Также в настоящее время сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (СЛСИ) рассматривается как информативный показатель жесткости магистральных артерий.

Жесткость сосудистой стенки, безусловно, является прогностическим фактором сердечно-сосудистых событий и смертности у пациентов с АГ. Однако практически не встречается оценка прогностической значимости разных методов определения сосудистой жесткости у пациентов одной выборки. Также имеются противоречивые сведения в отношении прогностической значимости СЛСИ, что диктует необходимость проведения исследования в данном направлении.

Цель исследования – оценить прогностическую значимость параметров жесткости магистральных, региональных и периферических артерий у пациентов с АГ, в том числе после перенесенного инфаркта головного мозга (ИГМ) в анамнезе.

Материалы и методы исследования. Обследование пациентов проводилось на базе кафедры пропедевтики внутренних болезней Гродненского государственного медицинского университета. Все обследуемые подписывали информированное согласие на участие в исследовании, протокол которого был одобрен комитетом по биомедицинской этике Гродненского государственного медицинского университета.

Всего обследованы 159 человек в возрасте от 45 до 75 лет. Группу I составили 90 пациентов с АГ, среди них 38 мужчин и 52 женщины. Группу II составили 69 человек с АГ II ст., перенесших атеротромботический инфаркт головного мозга давностью более 6 месяцев, среди них 45 мужчин и 24 женщины.

Всем пациентам исходно проводился ряд исследований: общеклиническое обследование, липидограмма, определялись такие параметры жесткости сосудистой стенки, как индекс резистентности сонных артерий, СРПВ и СЛСИ. Пациентам с АГ II–III степени дополнительно была проведена велоэргометрия либо тредмил-тест с целью исключения ИБС.

Исследование индекса резистентности сонных артерий проводили на аппарате Aloka 5000 (Япония) линейным датчиком 7–19 МГц в В-режиме. Толщину КИМ более 0,8 расценивали как патологическую [11].

Измерение СРПВ по сосудам мышечного типа осуществлялось с помощью аппаратно-программного комплекса «Импекард-М» (Беларусь) [12]. За референсную величину принимали значение СРПВ ≤ 10 м/с [13].

Показатель жесткости магистральных артерий – СЛСИ у обследуемых лиц определялся при помощи сфигмоманометра-сфигмографа VaSera VS-1500N Fukuda Denshi (Япония). СЛСИ для лиц среднего возраста более 9 свидетельствует о наличии системного атеросклероза, более 8 является пограничным значением для данной возрастной категории [5].

В дальнейшем выполнялось динамическое наблюдение за пациентами (длительность $14 \pm 2,6$ месяцев) путем телефонных собеседований. Прогноз строился с применением так называемой комбинированной конечной точки, включающей в себя «мягкие» конечные точки (впервые установ-

ленный диагноз ИБС, транзиторная ишемическая атака), и «твердые» конечные точки (инфаркт миокарда, повторный инфаркт головного мозга и смерть по причине развития инфаркта головного мозга). Выбор комбинированной конечной точки обусловлен малым размером выборки [11] и наличием общих патофизиологических механизмов развития [14] вышеуказанных состояний. После сбора сведений у пациентов и/или их родственников, мы разделили группы испытуемых на 2 подгруппы: подгруппу А (ПГА) составили лица, у которых не было сердечно-сосудистых событий, подгруппу В (ПГВ) – лица, у которых за период наблюдения произошло одно из вышеперечисленных сердечно-сосудистых событий.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Анализ вида распределения осуществлен с использованием критерия Колмагорова–Смирнова с поправкой Лилиефорса. Количественные признаки представлены в виде среднего арифметического значения (M) и стандартного отклонения (SD) при нормальном распределении, медиана (Me), нижний и верхний квартили [LQ; UQ] при распределении, отличном от нормального. При оценке достоверности различий в сравниваемых группах при нормальном распределении использовали параметрический критерий Стьюдента (*t*). При отсутствии нормального распределения сравнение показателей было проведено с использованием непараметрического критерия Манна–Уитни (*Z*). Для оценки связей изучаемых параметров с достижением конечной точки использовали регрессионный анализ полученных данных. Поиск отрезных значений параметров, обладающих наибольшей диагностической эффективностью достижения конечной точки, осуществлялся с помощью ROC-анализа. За критический уровень достоверности нулевых гипотез при исследовании взаимосвязи был принят уровень $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В ПГВ группы I характер сердечно-сосудистых событий выглядел следующим образом: у 13 человек впервые был выставлен диагноз ИБС, у 1 – транзиторная ишемическая атака и у 1 – ишемический инфаркт головного мозга с летальным исходом. В ПГВ группы II развились следующие сердечно-сосудистые события: у 6 человек диагностирован повторный ишемический инфаркт головного мозга, у 1 человека – инфаркт миокарда и у 1 человека – повторный ишемический инфаркт головного мозга с летальным исходом. В табл. 1 приведена клиническая характеристика обследуемых лиц.

Т а б л и ц а 1. Клиническая характеристика обследуемых лиц
T a b l e 1. Clinical characteristics of the examined persons

Показатель Index	Группа Group			
	I		II	
	ПГА	ПГВ	ПГА	ПГВ
Пол (м/ж), <i>n</i>	35/40	3/12	38/23	1/7
Возраст, лет	55,4 ± 5,1	55,2 ± 9,2	62,8 ± 9,4	59,7 ± 7,7
Продолжительность АГ, лет	8,5 ± 6,8	11,9 ± 8,7	13,5 ± 3,5	19,0 ± 13,6
Индекс массы тела, кг/м ²	30,02 ± 5,06	29,80 ± 6,51	28,44 ± 4,79	28,51 ± 3,51
Окружность талии, см	97,37 ± 18,78	94,27 ± 20,87	96,51 ± 17,11	101,87 ± 16,46
Глюкоза, ммоль/л	5,46 ± 0,77	5,71 ± 1,11	5,23 ± 1,02	5,01 ± 0,62
Общий холестерин, ммоль/л	5,37 ± 1,08	5,75 ± 1,09	4,96 ± 1,17	5,51 ± 1,29
Креатинин, мкмоль/л	81,80 ± 16,61	80,47 ± 16,01	90,66 ± 28,63	99,04 ± 16,08
Скорость клубочковой фильтрации по формуле СКД-ЕРІ, мл/мин/1,73 м ²	81,93 ± 14,78	82,20 ± 14,64	73,30 ± 21,31	66,23 ± 11,77

Как видно из табл. 1, ПГА и ПГВ по клиническим параметрам достоверно не отличались в обеих группах.

В табл. 2 представлены данные параметров жесткости сосудистой стенки.

Как видно из табл. 2, СРПВ в ПГВ группы I была выше по сравнению с ПГА ($p = 0,04$), в то время как СРПВ в группе II достоверно не отличалась между подгруппами. По результатам проведенного исследования, определение СРПВ по сосудам мышечного типа оказалось более информативно у пациентов с АГ среднего возраста в отношении прогноза «мягких» конечных

Т а б л и ц а 2. Показатели параметров жесткости сосудистой стенки у обследуемых лиц

T a b l e 2. Parameters of the stiffness of the vascular wall in the examined persons

Показатель Index	Группа I Group I		Группа II Group II	
	ПГА	ПГВ	ПГА	ПГВ
СРПВ, м/с	12,5 [6,5; 14,2]	13,10 [10,8; 19,3]*	13,0 [7,6; 18,5]	13,5 [9,45; 18,8]
Индекс периферического сопротивления слева	0,7 [0,68; 0,7]	0,7 [0,7; 0,8]	0,7 [0,7; 1,0]	0,75 [0,5; 1,5]
Индекс периферического сопротивления справа	0,7 [0,6; 0,7]	0,74 [0,7; 0,8]*	0,75 [0,5; 1,43]	0,75 [0,7; 1,0]
СЛСИ	8,3 [7,9; 9,1]	8,7 [7,7; 9,2]	9,25 [8,6; 10,6]	9,50 [8,95; 9,9]

П р и м е ч а н и е: СРПВ – скорость распространения пульсовой волны; СЛСИ – сердечно-лодыжечно сосудистый индекс; * – достоверные отличия между подгруппами А и В внутри групп, где * – $p < 0,05$.

N o t e: СРПВ – pulse wave propagation velocity; СЛСИ – cardio-ankle vascular index; * – significant differences between subgroups A and B within the groups, where * – $p < 0.05$.

точек, которыми являются ИБС и транзиторная ишемическая атака. Полученные результаты можно объяснить тем, что увеличение СРПВ по сосудам мышечного типа патогенетически связано с вазоспазмом, который возникает в результате дисфункции эндотелия [15]. Определение СРПВ по сосудам мышечного типа у пациентов с АГ после перенесенного ишемического инфаркта головного мозга оказалось не достаточно информативным, так как у данной группы пациентов морфологический этап ремоделирования сосудистой стенки является ведущим, и его диагностика в большей степени информативна по сосудам эластического типа.

Как видно из табл. 2, у пациентов всех подгрупп индекс периферического сопротивления сонных артерий находился в пределах референсных значений, что может объясняться приемом антигипертензивных препаратов. Однако несмотря на это в ПГВ группы I прослеживалась четкая тенденция к росту индекса периферического сопротивления, так как данный показатель в вышеуказанной группе был достоверно выше по сравнению с ПГА ($p = 0,03$). Согласно литературным источникам, увеличение индекса резистентности ассоциировано с развитием ишемического инсульта и ИБС [16], что подтверждается результатами нашего исследования в отношении прогноза у пациентов с АГ. Тем не менее, для пациентов группы II данный вид исследования оказался недостаточно информативным вследствие того, что факт перенесенного в анамнезе инфаркта головного мозга у пациентов группы II определяет наличие морфологического этапа ремоделирования регионарных артерий, проявляющегося исходно измененным индексом резистентности сонных артерий [1; 17] у всех исследуемых, что затрудняет прогнозирование повторных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий и требует дополнительных методов диагностики с целью успешного проведения вторичной профилактики у данной категории лиц.

Как видно из табл. 2, величина СЛСИ в ПГА и ПГВ обеих групп достоверно не отличалась. У пациентов с АГ как в ПГА, так и в ПГВ СЛСИ находился в пределах пограничных значений, что свидетельствует о наличии начальных морфологических изменений в стенке артерий эластического типа [2]. У пациентов с АГ после перенесенного ишемического инфаркта головного мозга как в ПГА, так и в ПГВ СЛСИ был выше референсных значений, что свидетельствует о наличии распространенного атеросклероза и выраженном морфологическом этапе ремоделирования сосудистой стенки. Однако в отношении прогноза комбинированной конечной точки четкой взаимосвязи с величиной СЛСИ как у пациентов с АГ, так и у пациентов с АГ после перенесенного ишемического инфаркта головного мозга установить не удалось.

Таким образом, составить прогноз в отношении комбинированной конечной точки у пациентов с АГ, в том числе и с перенесенным инфарктом головного мозга в анамнезе, используя только один из вышеперечисленных параметров жесткости сосудистой стенки, не представляется возможным. Это объясняется гетерогенностью и гетерохронностью ремоделирования сосудистого русла [4] под воздействием многочисленных факторов, которые очень сложно оценить одномерно. Все используемые в данном исследовании параметры жесткости несут информацию о сосудистой стенке различных типов артерий и характеризуют преимущественно функциональный либо морфологический этап ремоделирования сосудистой стенки, и не один из них не может комплексно оценить состояние сосудистой стенки на различных уровнях артериальной системы.

Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что существует модель с условным линейным предиктором, опираясь на который, можно будет предсказать развитие сердечно-сосудистых событий как у пациентов с АГ, так и у пациентов с АГ после перенесенного ишемического инфаркта головного мозга.

Нами построено уравнение бинарной регрессии с пробит-функцией связи.

В табл. 3 представлены оценки параметров модели.

Т а б л и ц а 3. Оценки коэффициентов регрессионной модели

T a b l e 3. Estimates of the coefficients of the regression model

Показатель Index	Оценка Estimate	Стандартная ошибка Std. Error	z-значение z value	Pr (> z)
(Intercept)	-17,06	2,68	-6,36	0,0001
ЛПНП	-0,32	0,13	2,38	0,02
Скорость клубочковой фильтрации по формуле СКД-ЕРІ, мл/мин/1,73 м ²	0,09	0,02	5,69	0,00001
Индекс периферического сопротивления сонной артерии слева	9,94	1,91	5,21	0,00001
Индекс периферического сопротивления сонной артерии справа	3,81	1,56	2,444	0,015
СЛСИ	0,24	0,12	2,03	0,04

П р и м е ч а н и е: ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; СЛСИ – сердечно-лодыжечный сосудистый индекс.
N o t e: ЛПНП – low density lipoproteins; СЛСИ – cardio-ankle vascular index.

Как видно из табл. 3, оценки коэффициентов предикторов статистически значимы (при пороговом значении $p = 0,05$), поэтому все предикторы включены в модель. Линейный предиктор (ЛП) уравнения логистической регрессии, согласно данной модели, будет иметь вид: $ЛП = -17,064 + 0,32ЛПНП + 0,09СКД-ЕРІ + 0,13СРПВ + 9,94R_{L} + 3,81R_{R} + 0,24СЛСИ$, где ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; СКД-ЕРІ – скорость клубочковой фильтрации (мл/мин/1,73 м²); СРПВ – скорость распространения пульсовой волны; R_{L} – индекс периферического сопротивления сонной артерии слева; R_{R} – индекс периферического сопротивления сонной артерии справа; СЛСИ – сердечно-лодыжечный сосудистый индекс.

Пациенты, у которых не было зарегистрировано сердечно-сосудистых событий в течение периода наблюдения, условно составили группу 0. Пациенты, у которых было зарегистрировано одно из сердечно-сосудистых событий, условно составили группу 1. Принятие решения об отнесении испытуемого к группе 0 или группе 1 выполняется следующим образом:

если $\Phi(ЛП) < p_0$, то принимается решение об отнесении испытуемого к группе 0, если $\Phi(ЛП) > p_0$, то принимается решение об отнесении испытуемого к группе 1.

В описанных условиях $\Phi(ЛП)$ – функция нормального стандартного распределения для аргумента ЛП, p_0 – порог отсечения. Выбор порога отсечения определяется значениями чувствительности, специфичности и точности классификации. На рис. 1, 2 приведены ROC-кривая модели и зависимость точности классификации от порога отсечения.

Площадь под ROC-кривой (AUC) составила 0,876, что свидетельствует об удовлетворительной предсказательной способности построенной модели. В качестве порога отсечения была выбрана вероятность $p_0 = 0,54$. При данном пороге отсечения чувствительность равна $Se = 91,67\%$, специфичность $Sr = 79,07\%$, точность $Acc = 80,61\%$.

Решение уравнения $p_0 = \Phi(-17,064 + 0,32ЛПНП + 0,09СКД-ЕРІ + 0,13СРПВ + 9,94R_{L} + 3,81R_{R} + 0,24СЛСИ)$ дает нам следующее значение порога отсечения по линейному предиктору: $ЛП_0 = 0,1$.

На рис. 3 представлена бинарная схема классификации моделью (стрелками также указаны порог отсечения линейного предиктора $ЛП = 0,1$ и соответствующая пороговая вероятность $p_0 = 0,54$).

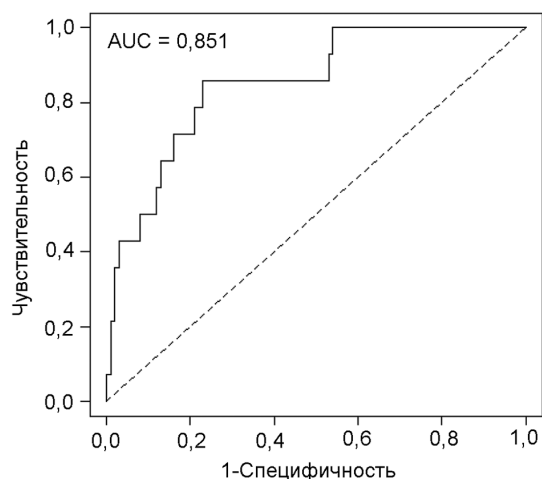


Рис. 1. ROC-кривая модели

Fig. 1. ROC-curve of the model

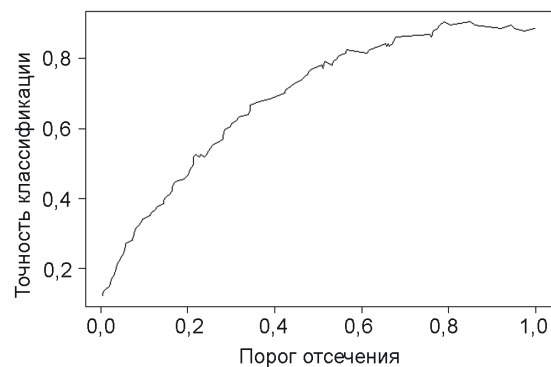


Рис. 2. Зависимость точности классификации от порога отсеечения

Fig. 2. Dependence of the classification accuracy on the cut-off threshold

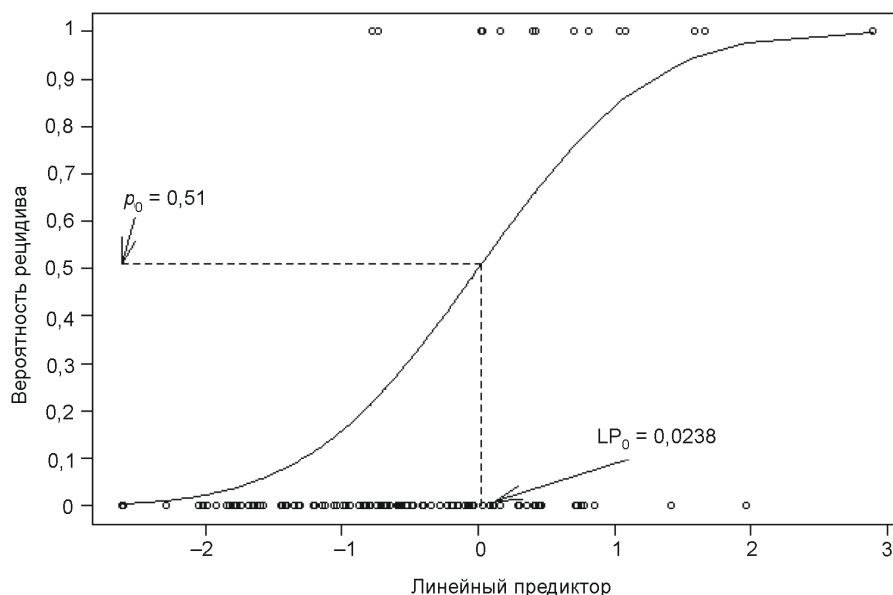


Рис. 3. Бинарная схема классификация моделью. Точки – наблюдаемая классификация, сплошная линия – теоретически предсказанная вероятность отнесения к группе (стрелками также указаны порог отсеечения по линейному предиктору и соответствующая пороговая вероятность)

Fig. 3. Binary scheme classification by model. The dots are the observed classification, the solid line is the theoretically predicted probability of being assigned to a group (the arrows also indicate the cut-off threshold for the linear predictor and the corresponding threshold probability)

Таким образом, если линейный предиктор для конкретного испытуемого больше чем $ЛП_0 = 0,1$, то принимается решение об отнесении испытуемого к группе 1.

С точки зрения математических допущений полученная модель является адекватной, так как, как было указано выше, оценки коэффициентов являются статистически значимыми; остаточный девианс модели равен 145,06, в то время как для нуль-модели он составляет 235,65; значение информационного критерия Акаике равно 159,06, для нуль-модели – 481,61; также была выполнена кросс-валидация модели методом скользящего контроля с точностью в качестве функции цены: средняя точность составила 75,01 %.

Выводы:

1. У пациентов с АГ наиболее весомыми прогностическими факторами являются СРПВ и ИР внутренних сонных артерий.

2. Определение параметров жесткости периферических, регионарных и магистральных артерий у пациентов с АГ, в том числе после перенесенного ИГМ позволит более точно определить прогноз путем решения уравнения логистической регрессии: $\text{ПНС} = -17,06 + 0,32\text{ЛПНП} - 0,09\text{СКФ} + 0,13\text{СРПВ} + 9,93\text{ИРлев} + 3,81\text{ИРправ} + 0,24\text{СЛСИ}$ с порогом отсечения $\text{ПНС} = 0,097$, $\text{SE} = 91,67\%$, $\text{SP} = 79,07\%$, $\text{Acc} = 80,61\%$.

Список использованных источников

1. Шальнова, С. А. Факторы, влияющие на смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в российской популяции / С. А. Шальнова, А. Д. Деев, Р. Г. Оганов // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2005. – Т. 4, № 1. – С. 4–9.
2. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension / G. Mancia [et al.] // Journal of Hypertension. – 2013. – Vol. 31, N 7. – P. 1281–1357. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc>
3. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension / B. Williams [et al.] // Journal of Hypertension. – 2018. – Vol. 36, N 10. – P. 1953–2041. <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000001940>
4. Чазова, Е. И. Диагностика и лечение артериальной гипертензии / И. Е. Чазова, Е. В. Ощепкова, Ю. В. Жернокова // Евразийский кардиолог. журн. – 2015. – № 2. – С. 3–30.
5. Nilson, P. M. Early vascular aging (EVA): New Directions in cardiovascular protection / P. M. Nilson, M. H. Olsen, S. Laurent. – Acad. Press, 2015. – 376 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-19168-4>
6. Троицкая, Е. А. Концепция сосудистого возраста: новый инструмент оценки сердечно-сосудистого риска / Е. А. Троицкая, С. В. Вельмакин, Ж. Д. Кобалава // Артериальная гипертензия. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 160–171. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2017-23-2-160-171>
7. Arterial Stiffness and Cardiovascular Events / G. F. Mitchell [et al.] // Circulation. – 2010. – Vol. 121, N 4. – P. 505–511. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.886655>
8. Arterial Stiffness and Risk of Coronary Heart Disease and Stroke / F. U. Mattace-Raso [et al.] // Circulation. – 2006. – Vol. 113, N 5. – P. 657–663. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.105.555235>
9. Состояние мозговой гемодинамики и цереброваскулярной реактивности у больных артериальной гипертензией / И. В. Логачева [и др.] // Артериальная гипертензия. – 2005. – Т. 11, № 4. – С. 245–248.
10. Драпкина, О. М. Сосудистый возраст как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний / О. М. Драпкина, М. В. Фадеева // Артериальная гипертензия. – 2014. – Т. 20, № 4. – С. 224–231.
11. Kotani, K. Cardio-Ankle Vascular Index (CAVI) and its Potential Clinical Implications for Cardiovascular Disease / K. Kotani, A. T. Remaley // Cardiovascular Pharmacology: Open Access. – 2013. – Vol. 2, N 2. <https://doi.org/10.4172/2329-6607.1000108>
12. Nilson, P. M. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: the EVA syndrome / P. M. Nilson, E. Lurbe, S. Laurent // Journal of Hypertension. – 2008. – Vol. 26, N 6. – P. 1049–1057. <https://doi.org/10.1097/hjh.0b013e3282f82c3e>
13. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике / Ю. А. Васюк [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2016. – Т. 15, № 2. – С. 4–19. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-2-4-19>
14. Сердечно-лодыжечный сосудистый индекс у больных артериальной гипертензией / А. Н. Сумин [и др.] // Доктор.Ру. – 2016. – № 11 (128). – С. 28–32.
15. Logan, J. G. Genetic Determinants of Arterial Stiffness / J. G. Logan, M. B. Engler, H. Kim // Journal of Cardiovascular Translational Research. – 2015. – Vol. 8, N 1. – P. 23–43. <https://doi.org/10.1007/s12265-014-9597-x>
16. Эхографические признаки выраженных стеноокклюзирующих поражений основной артерии у пациентов с вертебрально-базиллярным ишемическим инсультом / А. Ю. Вишнякова [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2012. – № 3. – С. 65–75.
17. Prognostic impact of regional arterial stiffness in hypertensive patients / T. Kawai [et al.] // Heart and Vessels. – 2015. – Vol. 30, N 3. – P. 338–346. <https://doi.org/10.1007/s00380-014-0485-8>

References

1. Shalnova S. A., Deev A. D., Oganov R. G. Factors influencing cardiovascular mortality in Russian population. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2005, vol. 4, no. 1, pp. 4–9 (in Russian).
2. Mancia G., Fagard R., Narkiewicz K., Redón J., Zanchetti A., Böhm M., Christiaens T., Cifkova R., De Backer G., Dominiczak A., Galderisi M., Grobbee D. E., Jaarsma T., Kirchhof P., Kjeldsen S. E., Laurent S., Manolis A. J., Nilsson P. M., Ruilope L. M., Schmieder R. E., Sirnes Per A., Sleight P., Viigimaa M., Waeber B., Zannad F. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. *Journal of Hypertension*, 2013, vol. 31, no. 7, pp. 1281–1357. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc>
3. Williams B., Mancia G., Spiering W., Rosei E. A., Azizi M., Burnier M., Clement D. L., Coca A., de Simone G., Dominiczak A., Kahan T., Mahfoud F., Redon J., Ruilope L., Zanchetti A., Kerins M., Kjeldsen S. E., Kreutz R., Laurent S., Lip G. Y. H., McManus R., Narkiewicz K., Ruschitzka F., Schmieder R. E., Shlyakhto E., Tsioufis C., Aboyans V., Desormais I. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Journal of Hypertension*, 2018, vol. 36, no. 10, pp. 1953–2041. <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000001940>

4. Chazova I. E., Oshepkova E. V., Zhernakova Yu. V. Diagnostics and treatment of arterial hypertension. *Evrasiiskii kardiologicheskii zhurnal = Eurasian Heart Journal*, 2015, no. 2, pp. 3–30 (in Russian).
5. Nilson P. M., Olsen M. H., Laurent S. *Early vascular aging (EVA): New Directions in cardiovascular protection*. Acad. Press, 2015. 376 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-19168-4>
6. Troitskaya E. A., Velmakin S. V., Kobalava Z. D. Concept of vascular age: new tool in cardiovascular risk assessment. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 160–171 (in Russian). <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2017-23-2-160-171>
7. Mitchell G. F., Hwang S.-J., Vasan R. S., Larson M. G., Pencina M. J., Hamburg N. M., Vita J. A., Levy D., Benjamin E. J. Arterial Stiffness and Cardiovascular Events. *Circulation*, 2010, vol. 121, no. 4, pp. 505–511. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.886655>
8. Mattace-Raso F. U., van der Cammen T. J. M., Hofman A., van Popele N. M., Bos M. L., Schalekamp M. A. D. H., Asmar R., Reneman R. S., Hoeks A. P. G., Breteler M. M. B., Witteman J. C. M. Arterial Stiffness and Risk of Coronary Heart Disease and Stroke. *Circulation*, 2006, vol. 113, no. 5, pp. 657–663. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.105.555235>
9. Logacheva I. V., Ivanova I. V., Pocheptsova L. V., Tsypliyashova I. V., Perevozchikova O. S., Krivileva S. P. Cerebral hemodynamics and cerebrovascular responsiveness in patients with arterial hypertension. *Arterial'naya gipertenziya = Arterial Hypertension*, 2005, vol. 11, no. 4, pp. 245–248 (in Russian).
10. Drapkina O. M., Fadeeva M. V. Arterial aging as the cardiovascular risk factor. *Arterial'naya gipertenziya = Arterial Hypertension*, 2014, vol. 20, no. 4, pp. 224–231 (in Russian).
11. Kotani K., Remaley A. T. Cardio-Ankle Vascular Index (CAVI) and its Potential Clinical Implications for Cardiovascular Disease. *Cardiovascular Pharmacology: Open Access*, 2013, vol. 2, no. 2. <https://doi.org/10.4172/2329-6607.1000108>
12. Nilson P. M., Lurbe E., Laurent S. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: the EVA syndrome. *Journal of Hypertension*, 2008, vol. 26, no. 6, pp. 1049–1057. <https://doi.org/10.1097/hjh.0b013e3282f82c3e>
13. Vasyuk Yu. A., Ivanova S. V., Shkolnik E. L., Kotovskaya Yu. V., Milyagin V. A., Oleynikov V. E., Orlova Y. A., Sumin A. N., Baranov A. A., Boytsov S. A., Galyavich A. S., Kobalava Z. D., Kozhevnikova O. V., Konradi A. O., Lopatin Yu. M., Mareev V. Yu., Novikova D. S., Oganov R. G., Rogoza A. N., Rotar O. P., Sergatskaya N. V., Skibitsky V. V. Consensus of Russian experts on the evaluation of arterial stiffness in clinical practice. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 4–19 (in Russian). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-2-4-19>
14. Sumin A. N., Shcheglova A. V., Fyodorova N. V., Artamonova G. V. Cardio-ankle vascular index in patients with hypertension. *Doctor.ru*, 2016, no. 11 (128), pp. 28–32 (in Russian).
15. Logan J. G., Engler M. B., Kim H. Genetic Determinants of Arterial Stiffness. *Journal of Cardiovascular Translational Research*, 2015, vol. 8, no. 1, pp. 23–43. <https://doi.org/10.1007/s12265-014-9597-x>
16. Vishnyakova A. Yu., Anisimov K. V., Lelyuk S. Eh., Lelyuk V. G. Ultrasound characteristics of basilar artery occlusion in patients with vertebrobasilar ischemic stroke. *Ul'trazvukovaya i Funktsional'naya Diagnostika = Ultrasonic and Functional Diagnosis*, 2012, no. 3, pp. 65–75 (in Russian).
17. Kawai T., Ohishi M., Onishi M., Ito N., Takeya Ya., Oguro R., Takami Yo., Yamamoto K., Rakugi H. Prognostic impact of regional arterial stiffness in hypertensive patients. *Heart and Vessels*, 2015, vol. 30, no. 3, pp. 338–346. <https://doi.org/10.1007/s00380-014-0485-8>

Информация об авторах

Киндальёва Ольга Генриковна – канд. мед. наук, ст. преподаватель. Гродненский государственный медицинский университет (ул. Горького, 80, 230009, Гродно, Республика Беларусь). E-mail: kindaliova.volha@mail.ru.

Пронько Татьяна Павловна – канд. мед. наук, доцент, заведующий кафедрой. Гродненский государственный медицинский университет (ул. Горького, 80, 230009, Гродно, Республика Беларусь). E-mail: tanya_pronko@mail.ru.

Добродей Мария Александровна – канд. мед. наук, доцент. Гродненский государственный медицинский университет (ул. Горького, 80, 230009, Гродно, Республика Беларусь). E-mail: dobrodeimaria@gmail.com.

Губкин Сергей Владимирович – член-корреспондент, д-р мед. наук, профессор, директор. Институт физиологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 28, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: goubkin@yandex.ru.

Information about the authors

Kindaliova Volha G. – Ph. D. (Medicine), Senior Lecturer. Grodno State Medical University (80, Gorky Str., 230009, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: kindaliova.volha@mail.ru.

Pronko Tatiana P. – Ph. D. (Medicine), Associate Professor, Head of Department. Grodno State Medical University (80, Gorky Str., 230009, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: tanya_pronko@mail.ru.

Dobrodey Maria A. – Ph. D. (Medicine), Associate Professor. Grodno State Medical University (80, Gorky Str., 230009, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: dobrodeimaria@gmail.com.

Gubkin Sergey V. – Corresponding Member, D. Sc. (Medicine), Professor, Director. Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus (28, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: goubkin@yandex.ru.