

Предикторы годовой выживаемости после ишемического инсульта



Куликова С.П.¹, Полякова И.Ю.¹, Кузьмичева Е.В.¹, Кулеш А.А.^{2,3},
Мехряков С.А.^{2,3}, Кулеш А.М.², Крапивин С.В.², Каракулова Ю.В.^{2,3}

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермь;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера»

Минздрава России, Пермь; ³ГБУЗ Пермского края «Городская клиническая больница №4», Пермь

¹Россия, 614070, Пермь, ул. Студенческая, 38; ²Россия, 614990, Пермь,

ул. Петропавловская, 26; ³Россия, 614107, Пермь, ул. КИМ, 2

Прогнозирование исхода ишемического инсульта (ИИ) — сложная задача, так как смертность и инвалидизация зависят от множества факторов, включая возраст, пол, тип и тяжесть инсульта, а также сопутствующие заболевания. Уровень выживаемости также варьирует в разных странах в зависимости от генетических особенностей и различий в организации систем здравоохранения.

Целью данного исследования являлся поиск предикторов годовой выживаемости после ИИ на выборке из пациентов Пермского края.

Материал и методы. В исследование вошли 254 пациента, перенесших ИИ. Анализировались 75 параметров, полученных в ходе рутинного клинического обследования и включающих информацию о подтипе и тяжести инсульта, размере и локализации поражения, возникших неврологических нарушениях, сопутствующих заболеваниях и других факторах. Выбор релевантных признаков выполнялся с применением программы WEKA, отобранные признаки были использованы в предсказательной модели на основе логистической регрессии.

Результаты. В качестве значимых предикторов годовой выживаемости пациентов, перенесших ИИ, установлены (знак коэффициента отражает относительный вклад фактора в модель и его положительное или отрицательное влияние): возраст (–0,02), степень неврологического дефицита по шкале NIHSS при выписке (–0,06), уровень гемоглобина (0,01), инфаркт в бассейне передней хориоидальной артерии (0,74), повторный инсульт в течение следующего года (–0,02) и кардиоэмболический подтип инсульта (–0,32). Точность логистической модели составила 84% при 10-кратной перекрестной валидации.

Закключение. В модели предсказания годовой выживаемости после ИИ, кроме возраста, который обычно ассоциируется с менее благоприятным прогнозом, выявлены другие факторы. Для подтверждения надежности предложенной модели необходимо проведение дальнейших многоцентровых исследований.

Ключевые слова: ишемический инсульт; предсказательная модель; исход; магнитно-резонансная томография; NIHSS; анализ крови.

Контакты: Софья Петровна Куликова; SPKulikova@hse.ru

Для цитирования: Куликова СП, Полякова ИЮ, Кузьмичева ЕВ, Кулеш АА, Мехряков СА, Кулеш АМ, Крапивин СВ, Каракулова ЮВ. Предикторы годовой выживаемости после ишемического инсульта. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2025;17(5):48–54. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2025-5-48-54>

Predictors of one-year survival after ischaemic stroke

Kulikova S.P.¹, Polyakova I.Yu.¹, Kuzmicheva E.V.¹, Kulesh A.A.^{2,3},
Mekhryakov S.A.^{2,3}, Kulesh A.M.², Krapivin S.V.², Karakulova Yu.V.^{2,3}

¹National Research University Higher School of Economics, Perm; ²Acad. E.A. Vagner Perm State

Medical University, Ministry of Health of Russia, Perm; ³City Clinical Hospital Four, Perm

¹38, Studencheskaya St., Perm 614070, Russia; ²26, Petropavlovskaya St., Perm 614990, Russia; ³2, KIM St., Perm 614107, Russia

Predicting the outcome of ischaemic stroke (IS) is a complex task, as mortality and disability depend on many factors, including age, gender, type and severity of stroke, and comorbidities. Survival rates also vary between countries depending on genetic characteristics and differences in the organisation of healthcare systems.

Objective: to search for predictors of one-year survival after IS in a sample of patients from the Perm region.

Material and methods. The study included 254 patients who had suffered an IS. Seventy-five parameters obtained during routine clinical examination were analysed, including information on the subtype and severity of the stroke, the size and location of the lesion, neurological disorders, comorbidities, and other factors. Relevant features were selected using the WEKA programme, and the selected features were used in a predictive model based on logistic regression.

Results. The following factors have been identified as significant predictors of annual survival in patients who have undergone IS (the sign of the coefficient reflects the relative contribution of the factor to the model and its positive or negative effect): age (–0.02), degree of neurological

deficit on the NIHSS scale at discharge (-0.06), haemoglobin level (0.01), infarction in the anterior choroidal artery basin (0.74), recurrent stroke within the following year (-0.02) and cardioembolic stroke subtype (-0.32). The accuracy of the logistic model was 84% with 10-fold cross-validation.

Conclusion. In the model predicting one-year survival after IS, other factors have been identified in addition to age, which is usually associated with a less favourable prognosis. Further multicentre studies are needed to confirm the reliability of the proposed model.

Keywords: ischaemic stroke; predictive model; outcome; magnetic resonance imaging; NIHSS; blood test.

Contact: Sofya Petrovna Kulikova; SPKulikova@hse.ru

For citation: Kulikova SP, Polyakova IYu, Kuzmicheva EV, Kulesh AA, Mekhryakov SA, Kulesh AM, Krapivin SV, Karakulova YuV. Predictors of one-year survival after ischaemic stroke. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psichosomatika* = *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2025;17(5):48–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2025-5-48-54>

Инсульт — это тяжелое неврологическое заболевание, характеризующееся высокими уровнями смертности и инвалидности среди выживших [1]. Учитывая огромные экономические и социальные последствия инсульта, важной задачей является поиск предикторов его исхода. Однако этиология и клиническая картина инсульта чрезвычайно разнообразны, что усложняет предсказание исхода заболевания.

Современные модели, предсказывающие неблагоприятный исход инсульта, включают модель предсказания риска смертности в течение 30 дней [2], нормограмму для предсказания смерти в течение 6 мес после инсульта [3], шкалы PLAN [4], IScore [5], шкалу выживаемости после ишемического инсульта (ИИ) [6], различные шкалы и модели для предсказания выживаемости до 1 года [7–9], включая динамическую модель предсказания, предложенную Y. Huang и соавт. [10], и модель смертности в течение 10 лет, предложенную W.A. Szlachetka и соавт. [11]. Несмотря на различия в предложенных моделях, все эти подходы указывают на то, что определенные факторы могут рассматриваться как важные предикторы выживаемости при инсульте: возраст [4, 10, 11], пол [5, 10, 11], тяжесть инсульта [2, 5, 10], тип инсульта [4, 7, 10], сопутствующие заболевания — сердечно-сосудистые, диабет, нарушение функции почек и т. д. [4, 5, 7]. Однако конкретные комбинации этих факторов в предложенных моделях варьируют между исследованиями (подробное сравнение этих исследований представлено в табл. 1). Этот факт может отражать не только различия в используемых моделях предсказания, но и разные уровни смертности от инсульта в разных странах [12], что может быть связано с множеством факторов, таких как раса [13], образ жизни [14], генетические особенности [15, 16] и различия в организации национальных систем здравоохранения в отношении лечения инсульта [17].

Учитывая эти факторы и то, что большинство моделей предсказания были разработаны на основе западных популяций, нами поставлена цель — выявить факторы, которые могут быть использованы для предсказания уровня смертности через 1 год после инсульта в российской популяции.

Материал и методы. В исследование включены 254 пациента (140 мужчин и 114 женщин; средний возраст — $65,8 \pm 10,2$ года, минимальный — 28 лет, максимальный — 90 лет) с ИИ, которые находились под наблюдением как минимум в течение одного года после их первоначальной госпитализации в неврологическое отделение городской клинической больницы №4 (Пермь).

Критерии включения:

- 1) ИИ, подтвержденный при помощи компьютерной и/или магнитно-резонансной томографии;
- 2) полное клиническое, лабораторное и инструментальное обследование в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями;
- 3) информированное согласие пациента.

В течение последующего года 54 пациента скончались, что соответствует уровню смертности 21%. В ходе рутинного клинического обследования во время госпитализации были собраны данные, содержащие 75 клинических параметров. Обследование проводилось в соответствии с национальными клиническими рекомендациями. Зафиксированные параметры включали как числовые (табл. 2), так и бинарные (табл. 3) переменные, сгруппированные для лучшей интерпретации.

Бинарные переменные использовались для описания: 1) этиологического подтипа инсульта — атеротромботический, кардиоэмболический, эмболический инсульт неопределенного источника (ESUS) или другой; 2) локализации очагов инфаркта мозга; 3) наличия сопутствующих заболеваний (ишемическая болезнь сердца, рак и др.); 4) наличия нарушений, связанных с инсультом (гемипарез, афазия и др.); 5) факта курения.

Числовые переменные включали возраст, массу тела, рост и связанные с ними индекс массы тела и площадь поверхности тела, время до поступления в больницу (в часах), различные характеристики тяжести инсульта [оценка в баллах по Шкале инсульта Национального института здоровья (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS) и по Модифицированной шкале Рэнкина (Modified Rankin scale, mRS)], размер очага поражения, результаты клинических анализов крови (содержание эритроцитов, лимфоцитов, тромбоцитов и др.) и характеристики сердечной деятельности (фракция выброса, конечный систолический объем, конечный диастолический объем и др.), оцененные с помощью эхокардиографии.

Статистический анализ. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения WEKA v.3.6.13 [18]. Процедура выбора признаков была выполнена на всей выборке с использованием функции CfsSubsetEval. Эта функция реализует подход, предложенный M.A. Hall и L.A. Smith [19], который позволяет определить ценность подмножества атрибутов, учитывая индивидуальные предсказательные значения каждого признака и степень избыточности информации между ними. В результате этот подход дает подмножество пара-

Таблица 1. Обзор потенциальных предикторов выживаемости после инсульта
Table 1. Overview of potential predictors of survival after stroke

Параметр	Исследование									
	W.Wang и соавт. [2]	L. Sha и соавт. [3]	M.J. O'Donnel [4]	G Saposnik и соавт. [5]	G.R. Williams, J.G. Jiang [6]	C.S. Anderson и соавт. [7]	O.G. Solberg и соавт. [8]	Y. Wang и соавт. [9]	Y. Huang и соавт. [10]	W.A. Szlachetka и соавт. [11]
Год	2022	2021	2012	2011	2000	1994	2007	2003	2020	2022
Выборка, n	488 497	210	4943	12 262	453	492	800	440	4315	10 366
Страна	Англия	Китай	Канада	Канада	США	Австралия	Норвегия	Австралия	Англия	Англия
Период	2013–2019	2013–2019	2003–2008	2003–2008	1993–1999	1989–1990	1993–1998	1995–1997	1995–2016	2003–2016
Предсказание на срок	1 мес	6 мес	1 год	1 год	1 год	1 год	1 год	1 год	1 год	10 лет
Пол	+	ns	ns	++	ns	ns	ns	ns	++	++
Возраст	++	+	++	++	++	ns	++	ns	++	++
Тип инсульта	++	ns	ns	++	NA	++	++	++	++	++
Тяжесть	++	NA	NA	++	++	++	++	NA	++	++
Уровень сознания	++	NA	++	NA	NA	++	NA	++	++	NA
Функциональный дефицит	NA	++	++	++	++	++	NA	NA	++	++
Неврологический дефицит	NA	NA	++	NA	++	++	++	++	++	++
Заболевания сердца	+	+	++	++	NA	++	++	++	NA	++
Артериальная гипертензия	ns	+	ns	NA	NA	ns	+	ns	NA	++
Число лейкоцитов	NA	+	ns	NA	NA	NA	NA	ns	NA	++
Альбумин	NA	++	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
D-димер	NA	++	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Курение	NA	+	ns	++	ns	ns	NA	NA	NA	NA
Нутритивный статус	NA	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Диабет	ns	ns	ns	+	NA	ns	++	++	NA	ns
Глюкоза	NA	NA	ns	++	NA	NA	+	ns	NA	NA
Гипертермия	NA	NA	ns	NA	NA	NA	ns	++	NA	NA

Примечание. ns – фактор был включен в исследование, но оказался незначим для прогнозирования исхода инсульта; NA – фактор не учитывался в исследовании; «++» – фактор имел некоторую корреляцию с выживаемостью после инсульта, но не был включен в итоговую модель прогнозирования; «+++» – фактор считался важным для прогнозирования исхода инсульта.

метров, которые сильно коррелируют с исходом, но имеют малую корреляцию или вообще не коррелируют друг с другом. Модель предсказания годовой выживаемости после инсульта была построена на логистической регрессии. Коэффициенты модели оценивались методом максимального правдоподобия. Точность модели проверялась с использованием 10-кратной перекрестной валидации.

Результаты. По результатам процедуры выбора признаков на всей выборке выявлены 10 потенциальных предикторов выживаемости при инсульте: возраст; патогенетический подтип инсульта; балл NIHSS при поступлении и при выписке; балл mRS при выписке и через 90 дней; уровень гемоглобина; повторный инсульт в течение периода наблюдения; поражение бассейна передней хориоидальной арте-

рии и фракция выброса левого желудочка. Из этих параметров шесть вошли в итоговую модель, которая была построена с использованием логистической регрессии с 10-кратной валидацией:

$$\text{Выживаемость} = \text{logit} (1,01 - 0,02 \times \text{Возраст} - 0,06 \times \text{NIHSS} - 0,32 \times \text{Кардиоэмболический инсульт} - 0,02 \times \text{Повторный инсульт} + 0,74 \times \text{Передняя хориоидальная артерия} + 0,01 \times \text{Уровень гемоглобина}).$$

Таблица 3. *Сведения о бинарных переменных в выборке*

Table 3. *Information about binary variables in the sample*

Параметр	Число пациентов		
	мужчины	женщины	всего
Тип инсульта:			
эмболический инсульт неустановленного происхождения (ESUS)	70	59	129
атеротромботический инсульт	36	14	50
кардиоэмболический инсульт	19	31	50
другой патогенетический подтип	15	10	25
Локализация инсульта:			
кортикальный	63	56	119
корково-подкорковый	44	40	84
лакунарный	11	2	13
глубинный полушарный очаг	32	18	50
поражение островка	17	25	42
поражение мозолистого тела	2	6	8
поражение ствола мозга	8	4	12
передняя мозговая артерия	6	6	12
средняя мозговая артерия	91	83	174
задняя мозговая артерия	18	9	27
передняя хориоидальная артерия	12	14	26
задняя нижняя	22	12	34
мозжечковая артерия			
множественные поражения в пределах одного бассейна	43	24	67
множественные поражения в разных бассейнах	21	9	30
Сопутствующие заболевания:			
рак	12	11	23
ожирение	31	47	78
артериальная гипертензия	136	110	246
сахарный диабет	15	36	51
острый инфаркт миокарда	3	3	6
инфаркт миокарда (>1 мес назад)	21	9	30
фибрилляция предсердий	7	7	14
ишемическая болезнь сердца	40	25	65
ОНМК в анамнезе	38	27	65
Неврологический дефицит:			
дисфагия	2	2	4
гемианопсия	14	8	22
гемипарез	52	34	86
атаксия	98	77	175
глазодвигательные нарушения	14	14	28
неглект	10	4	14
моторная афазия	12	20	32
сенсомоторная афазия	18	17	35
острый вестибулярный синдром	22	29	51
курение	12	8	20
Курение	65	9	74

Примечание. ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения.

Таблица 2. *Сведения о числовых переменных в выборке, $M \pm SD$*

Table 2. *Information about numerical variables in the sample, $M \pm SD$*

Параметр	Значение
Возраст, годы	65,83±10,23
Масса тела, кг	78,80±15,73
Рост, см	167,21±9,66
Площадь поверхности тела, м ²	1,88±0,20
Индекс массы тела	27,95±5,05
Время до поступления, ч	25,23±41,93
Тяжесть инсульта:	
NIHSS при поступлении	6,78±5,28
NIHSS при выписке	3,56±4,50
mRS при выписке	1,91±1,37
mRS на 90-й день	1,61±1,37
размер очага МРТ (наибольший диаметр), мм	34,17±25,68
Анализ крови:	
эритроциты, $\times 10^{12}/л$	4,66±0,57
гематокрит, %	40,87±5,01
гемоглобин, г/л	138,78±18,03
лимфоциты, %	25,03±9,74
тромбоциты, $\times 10^9/л$	220,95±71,34
липопротеины низкой плотности, ммоль/л	3,11±1,07
липопротеины высокой плотности, ммоль/л	1,24±0,33
общий холестерин, ммоль/л	5,06±1,26
триглицериды, ммоль/л	1,59±0,89
скорость клубочковой фильтрации, мл/мин	73,87±19,42
Кардиологические параметры:	
фракция выброса ЛЖ, %	57,69±7,41
конечный диастолический диаметр ЛЖ, мм	47,17±5,34
толщина межжелудочковой перегородки, мм	12,78±1,80
конечный диастолический объем ЛЖ, мл	101,83±26,06
конечный систолический объем ЛЖ, мл	43,96±18,02
ударный объем, мл	57,87±13,41
объем ЛП, мл	71,21±29,48
индекс объема ЛП	38,27±16,24
диаметр ЛП	3,86±0,54
САД при поступлении	148,98±19,59

Примечание. ЛЖ — левый желудочек; ЛП — левое предсердие; САД — систолическое артериальное давление.

Точность предложенной модели составила 84,6%. Подробная информация о работе модели представлена в табл. 4.

Обсуждение. В данной работе представлена модель предсказания годовой выживаемости после ИИ среди пациентов, проживающих в Пермском крае. Для выбора наилучших параметров в исследовании были рассмотрены все доступные клинические данные. Эти параметры включали данные о патогенетическом подтипе и локализации инсульта, неврологическом дефиците, тяжести инсульта, сопутствующих заболеваниях, а также результаты лабораторных и инструментальных методов исследования.

Из 75 доступных характеристик в итоговой модели предсказания имели значимость шесть, а именно: возраст, балл NIHSS при выписке, уровень гемоглобина, повторный инсульт в течение последующего года, поражение бассейна передней хориоидальной артерии и кардиоэмболический подтип инсульта.

Хотя увеличение возраста негативно связано с выживаемостью после инсульта почти во всех существующих моделях предсказания, другие факторы заслуживают более детального обсуждения. Тяжесть инсульта, измеряемая по шкалам NIHSS [2], mRS [11] или Canadian Neurological Scale (CNS) [8], обычно рассматривается как индикатор плохого прогноза и широко используется в различных моделях предсказания. Однако остается открытым вопрос, какая шкала позволяет лучше описывать исход, поскольку в большинстве исследований используется только одна шкала и невозможно сравнить их предсказательные способности на одной выборке. В настоящем исследовании были рассмотрены как шкала NIHSS, так и шкала mRS. В итоговой модели был сохранен только балл NIHSS при выписке. Когда балл NIHSS был заменен в итоговой модели предсказания на балл mRS при выписке, точность предсказания осталась высокой (83%), но была немного ниже, чем для модели с баллом NIHSS. Добавление обеих шкал в модель не приводило к значительному улучшению ее работы, так как баллы NIHSS и mRS коррелировали между собой. Таким образом, обе эти шкалы могут использоваться взаимозаменяемо, однако балл NIHSS предпочтительнее, по крайней мере для данной выборки.

Патогенетический подтип инсульта является еще одним важным фактором, который может повлиять на уровень выживаемости. В большинстве исследований рассматриваются только два типа инсульта (ишемический или геморрагический), при этом геморрагический инсульт является значимым предиктором плохого прогноза. Действительно, уровень смертности в течение 30 дней по-

сле геморрагического инсульта в два раза выше, чем при ИИ [20]. Однако в данной работе сосредоточено внимание только на ИИ, который представляет собой гетерогенное заболевание [21]. Подтипы ИИ различаются по стратегиям лечения, тяжести сопутствующей патологии, частоте рецидивов и, возможно, уровням смертности. В соответствии с исследованием L.G. Stead и соавт. [22], единственным подтипом, включенным в итоговую модель предсказания, был кардиоэмболический подтип, который ранее был отмечен как имеющий худший прогноз среди подтипов ИИ [23, 24]. Как и L.G. Stead и соавт. [22], кардиоэмболический подтип в нашей модели мы рассматривали в качестве отдельного предиктора, независимого от возраста, пола и балла NIHSS. Интересно, что криптогенный инсульт, который не был включен в модель предсказания, был связан с менее тяжелым исходом, чем кардиоэмболический инсульт. Учитывая разнообразие патологических механизмов, лежащих в основе различных подтипов инсульта, возможно, что построение моделей предсказания отдельно для каждого подтипа инсульта приведет к лучшему прогнозированию и привлечет внимание к более значимым клиническим факторам для конкретного типа инсульта [25]. Однако эта задача была оставлена за рамками настоящей работы, поскольку размер выборки был недостаточно большим, чтобы рассмотреть каждый подтип инсульта отдельно.

Повторные инсульты ранее были связаны с долгосрочными уровнями смертности у пациентов с ИИ [26–28]. В итоговой модели предсказания повторный инсульт в течение одного года также рассматривался как отдельный предиктор неблагоприятного исхода, что подчеркивает важность профилактики повторных сосудистых событий. Профилактика повторного инсульта должна проводиться в соответствии с его патогенетическим подтипом [29]. Однако до 30% всех случаев ИИ являются криптогенными [30]. Именно поэтому разработка новых алгоритмов для идентификации подтипов инсульта представляет собой важное направление будущих исследований, направленных на улучшение долгосрочных результатов после ИИ.

В итоговой модели более высокий уровень гемоглобина рассматривался как благоприятный предиктор, способствующий выживаемости после инсульта. Недавние обзоры и метаанализы показывают, что анемия при ИИ может быть связана с повышенной смертностью и инвалидностью [31, 32]. Однако возможно, что связь между уровнем гемоглобина и смертностью при инсульте не является линейной [33] и как слишком низкие, так и слишком высокие значения могут увеличивать смертность и приводить к более тяжелым функциональным исходам.

Наконец, поражение передней хориоидальной артерии, которое рассматривалось нашей моделью как благоприятный фактор, может отражать тот факт, что такой тип инсульта, вероятно, связан с микроангиопатией, а не с атеросклерозом или другими «более серьезными» причинами. И действительно, предыдущие исследования указывают

Таблица 4. *Характеристики моделей в разбивке по классам*
Table 4. *Model characteristics broken down by class*

Класс	TP rate	FP rate	Precision	Recall	F-measure	ROC area
Умершие	0,426	0,04	0,742	0,426	0,541	0,817
Выжившие	0,96	0,574	0,86	0,96	0,907	0,802
WeightedAvg.	0,846	0,46	0,836	0,846	0,829	0,805

на то, что инфаркты в бассейне передней хориоидальной артерии имеют более благоприятный исход по сравнению с другими случаями супратенториального ИИ [34]. Относительный вклад вышеупомянутых факторов в выживаемость при инсульте, а также их подмножество могут потенциально варьировать в зависимости от различных клинических центров, регионов и с изменением периода предсказания. Таким образом, представленные ре-

зультаты следует экстраполировать с разумной осторожностью.

Заключение. В модели предсказания годовой выживаемости после ИИ, кроме возраста, который обычно ассоциируется с менее благоприятным прогнозом, выявлены другие факторы. Для подтверждения надежности предложенной модели необходимо проведение дальнейших многоцентровых исследований.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Donkor ES. Stroke in the 21st Century: A Snapshot of the Burden, Epidemiology, and Quality of Life. *Stroke Res Treat*. 2018 Nov 27;2018:3238165. doi: 10.1155/2018/3238165
- Wang W, Rudd AG, Wang Y, et al. Risk prediction of 30-day mortality after stroke using machine learning: a nationwide registry-based cohort study. *BMC Neurol*. 2022 May; 22(1):195. doi: 10.1186/s12883-022-02722-1
- Sha L, Xu T, Ge X, et al. Predictors of death within 6 months of stroke onset: A model with Barthel index, platelet/lymphocyte ratio and serum albumin. *Nursing Open*. 2021 May; 8(3):1380-92. doi: 10.1002/nop.2.754
- O'Donnell MJ. The PLAN Score: A Bedside Prediction Rule for Death and Severe Disability Following Acute Ischemic Stroke. *Arch Intern Med*. 2012 Nov; 172(20):1548. doi: 10.1001/2013.jamainternmed.30
- Saposnik G, Kapral MK, Liu Y, et al. IScore: A Risk Score to Predict Death Early After Hospitalization for an Acute Ischemic Stroke. *Circulation*. 2011 Feb; 123(7):739-49. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.983353
- Williams GR, Jiang JG. Development of an Ischemic Stroke Survival Score. *Stroke*. 2000 Oct; 31(10):2414-20. doi: 10.1161/01.STR.31.10.2414
- Anderson CS, Jamrozik KD, Broadhurst RJ, et al. Predicting survival for 1 year among different subtypes of stroke. Results from the Perth Community Stroke Study. *Stroke*. 1994 Oct; 25(10):1935-44. doi: 10.1161/01.STR.25.10.1935
- Solberg OG, Dahl M, Mowinckel P, et al. Derivation and validation of a simple risk score for predicting 1-year mortality in stroke. *J Neurol*. 2007 Oct; 254(10):1376-83. doi: 10.1007/s00415-007-0555-2
- Wang Y, Lim LL-Y, Heller RF, et al. A prediction model of 1-year mortality for acute ischemic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003 Jul; 84(7):1006-11. doi: 10.1016/S0003-9993(03)00032-7
- Huang Y, Douiri A, Fahey M. A Dynamic Model for Predicting Survival up to 1 Year After Ischemic Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2020 Oct; 29(10):105133. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105133
- Szlachetka WA, Pana TA, Mamas MA, et al. Predicting 10-year stroke mortality: development and validation of a nomogram. *Acta Neurol Belg*. 2022 Jun; 122(3):685-93. doi: 10.1007/s13760-021-01752-9
- Yusuf S, Reddy S, Ounpuu S, et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases. *Circulation*. 2001 Nov; 104(22):2746-53. doi: 10.1161/hc4601.099487
- Chiu M, Austin PC, Manuel DG, et al. Comparison of cardiovascular risk profiles among ethnic groups using population health surveys between 1996 and 2007. *Canadian Med Assoc J*. 2010 May; 182(8):E301-10. doi: 10.1503/cmaj.091676
- Tu JV, Chu A, Rezai MR, et al. Incidence of Major Cardiovascular Events in Immigrants to Ontario, Canada: The CANHEART Immigrant Study. *Circulation*. 2015 Oct; 132(16):1549-59. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015345
- Wang L, Zhao C, Xia Q, et al. Association between 12p13 SNP rs11833579 and ischemic stroke in Asian population: An updated meta-analysis. *J Neurol Sci*. 2014 Oct; 345(1-2):198-201. doi: 10.1016/j.jns.2014.07.047
- Cheong M-Y, Bang O-S, Cha M-H, et al. Association of the Adiponectin Gene Variations with Risk of Ischemic Stroke in a Korean Population. *Yonsei Med J*. 2011;52(1):20. doi: 10.3349/ymj.2011.52.1.20
- Sarfo FS, Akpa OM, Oviagele B, et al. Patient-level and system-level determinants of stroke fatality across 16 large hospitals in Ghana and Nigeria: a prospective cohort study. *Lancet Global Health*. 2023 Apr; 11(4):e575-85. doi: 10.1016/S2214-109X(23)00038-4
- Frank E, Hall M, Holmes G, et al. Weka: A machine learning workbench for data mining. In: Maimon O, Rokach L, eds. *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. New York: Springer-Verlag; 2005. P. 1305-14.
- Hall MA, Smith LA. Feature Subset Selection: A Correlation Based Filter Approach. In: 1997 International Conference on Neural Information Processing and Intelligent Information Systems. Berlin: Springer 1997. Available at: <https://researchcommons.waikato.ac.nz/handle/10289/1515>
- Rothwell P, Coull A, Giles M, et al. Change in stroke incidence, mortality, case-fatality, severity, and risk factors in Oxfordshire, UK from 1981 to 2004 (Oxford Vascular Study). *Lancet*. 2004 Jun; 363(9425):1925-33. doi: 10.1016/S0140-6736(04)16405-2
- Adams HP, Bendixen BH, Kappelle LJ, et al. Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment. *Stroke*. 1993 Jan; 24(1):35-41. doi: 10.1161/01.STR.24.1.35
- Stead LG, Gilmore RM, Bellolio MF, et al. Cardioembolic but Not Other Stroke Subtypes Predict Mortality Independent of Stroke Severity at Presentation. *Stroke Res Treat*. 2011;2011:1-5. doi: 10.4061/2011/281496
- Dejong G, Vanraak L, Kessels F, et al. Stroke subtype and mortality follow-up study in 998 patients with a first cerebral infarct. *J Clin Epidemiol*. 2003 Mar; 56(3):262-8. doi: 10.1016/S0895-4356(02)00572-3
- Murat Sumer M, Erturk O. Ischemic stroke subtypes: risk factors, functional outcome and recurrence. *Neurol Sci*. 2002 Mar; 22(6):449-54. doi: 10.1007/s100720200004
- Guo Y, Zhang M, Su Y, et al. Analysis of Risk Factors for Poor Short-Term Outcomes in Acute Cardioembolic Stroke Patients without Reperfusion Therapy. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2021 Nov; 17:3431-7. doi: 10.2147/NDT.S335274
- Broman J, Fandler-Höfler S, Von Sarnowski B, et al. Long-term risk of recurrent vascular events and mortality in young stroke patients: Insights from a multicenter study. *Euro J of Neurology*. 2023 Sep; 30(9):2675-83. doi: 10.1111/ene.15850
- Aarnio K, Haapaniemi E, Melkas S, et al. Long-Term Mortality After First-Ever and Recurrent Stroke in Young Adults. *Stroke*. 2014 Sep; 45(9):2670-6. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.005648
- Khanavski AN, Bjerkreim AT, Novotny V, et al. Recurrent ischemic stroke: Incidence, predictors, and impact on mortality. *Acta Neurol Scand*. 2019; 140:3-8. doi: 10.1111/ane.13093
- Кулеш АА, Демин ДА, Виноградов ОИ. Патогенетические механизмы ишемического инсульта: от верификации до вторичной профилактики. *Consilium Medicum*. 2021; 23(11):792-9. doi: 10.26442/20751753.2021.11.201153
- Kulesh AA, Demin DA, Vinogradov OI. Pathogenetic mechanisms of ischemic stroke: from verification to secondary prevention. *Consilium Medicum*. 2021 Nov; 23(11):792-9. (In Russ.) doi: 10.26442/20751753.2021.11.201153

30. Yaghi S, Bernstein RA, Passman R, et al. Cryptogenic Stroke: Research and Practice. *Circ Res*. 2017 Feb;120(3):527-40. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308447
31. Barlas RS, Honney K, Loke YK, et al. Impact of Hemoglobin Levels and Anemia on Mortality in Acute Stroke: Analysis of UK Regional Registry Data, Systematic Review, and Meta-Analysis. *JAMA*. 2016 Aug;5(8):e003019. doi: 10.1161/JAHA.115.003019
32. Desai A, Oh D, Rao EM, et al. Impact of anemia on acute ischemic stroke outcomes: A systematic review of the literature. *PLoS One*. 2023 Jan;18(1):e0280025. doi: 10.1371/journal.pone.0280025
33. Zhang R, Xu Q, Wang A, et al. Hemoglobin Concentration and Clinical Outcomes After Acute Ischemic Stroke or Transient Ischemic Attack. *JAMA*. 2021 Dec;10(23):e022547. doi: 10.1161/JAHA.121.022547
34. Hupperts RMM, Lodder J, Heuts-van Raak EPM, et al. Infarcts in the anterior choroidal artery territory: Anatomical distribution, clinical syndromes, presumed pathogenesis and early outcome. *Brain*. 1994;117(4):825-34. doi: 10.1093/brain/117.4.825

Поступила / отрецензирована / принята к печати

Received / Reviewed / Accepted

19.06.2025 / 23.09.2025 / 24.09.2025

Заявление о конфликте интересов / Conflict of Interest Statement

Публикация подготовлена в ходе проведения исследования № 23-00-026 «Разработка автоматических подходов для определения этиологии криптогенного инсульта с целью профилактики вторичных острых нарушений мозгового кровообращения» в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета “Высшая школа экономики” (НИУ ВШЭ)», а также в рамках программы государственного задания «Разработка технологий снижения смертности населения от сердечно-сосудистых заболеваний в целях их применения в системе здравоохранения (диспансеризация) на основе ранней диагностики, профилактики и телемедицинской оценки реабилитационных мероприятий (ПГМУ им. акад. Е.А. Вагнера)». Конфликт интересов отсутствует. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

This publication was prepared during the course of research project No. 23-00-026, “Development of automated approaches for determining the aetiology of cryptogenic stroke with the aim of preventing secondary acute cerebrovascular disorders” as part of the programme “Scientific Fund of the National Research University Higher School of Economics (HSE National Research University)”, as well as within the framework of the state task programme “Development of technologies to reduce mortality from cardiovascular diseases for use in the healthcare system (medical examinations) based on early diagnosis, prevention and telemedical assessment of rehabilitation measures (Acad. E.A. Vagner Perm State Medical University)”. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Куликова С.П. <https://orcid.org/0000-0002-7079-1018>
 Полякова И.Ю. <https://orcid.org/0009-0006-2811-823X>
 Кузьмичева Е.В. <https://orcid.org/0009-0000-6380-4688>
 Кулеш А.А. <https://orcid.org/0000-0001-6061-8118>
 Мехряков С.А. <https://orcid.org/0000-0001-5679-4100>
 Кулеш А.М. <https://orcid.org/0000-0002-8991-0531>
 Крапивин С.В. <https://orcid.org/0009-0000-8975-7365>
 Каракулова Ю.В. <https://orcid.org/0000-0002-7536-2060>