

УДК 616.831-005.1:616.133-007.271  
<https://doi.org/10.35693/SIM623623>

 This work is licensed under CC BY 4.0  
© Authors, 2024

# Многомерная взвешенная оценка в анализе течения ишемического инсульта на фоне каротидного стеноза различной степени выраженности

А.С. Ткаченко<sup>1</sup>, И.Е. Повереннова<sup>1</sup>, Т.В. Романова<sup>1</sup>, Н.П. Перстенева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (Самара, Россия)

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет» Министерства науки и высшего образования России (Самара, Россия)

## Аннотация

**Цель** – разработать многомерную взвешенную оценку влияния факторов риска острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) на течение ишемического инсульта, развившегося на фоне каротидного стеноза различной степени выраженности.

**Материал и методы.** Исследовано 606 больных, находившихся в отделении для больных с ОНМК в остром периоде ишемического инсульта, которые были разделены на три группы по степени выраженности каротидного стеноза согласно NASCET. У всех больных выявляли факторы риска развития ОНМК, определяли размер очага ишемии по КТ головного мозга, оценивали состояние пациента и его изменения по шкалам NIHSS, Рэнкина, Ривермид.

**Результаты.** Оценочные показатели представлены различными измерительными шкалами, поэтому их необходимо привести к одному основанию. Методика построения взвешенной оценки предполагает

формирование весовых коэффициентов для каждого компонента нового индекса. Произведено моделирование многомерной взвешенной оценки для выявления основных факторов, влияющих на ее вариацию. Был проведен отбор факторов риска ОНМК у исследованных больных, построены регрессионные модели, выполнен их статистический анализ и оценено их качество.

**Выводы.** Регрессионные модели позволяют охватить большой круг факторов и математически выразить их связь с результативными показателями. Разработанные логистические модели показывают степень положительного или отрицательного влияния различных факторов риска на течение ишемического инсульта в исследованных группах больных.

**Ключевые слова:** каротидный стеноз, ишемический инсульт, факторы риска, логистический регрессионный анализ, многомерная взвешенная оценка.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

## Для цитирования:

Ткаченко А.С., Повереннова И.Е., Романова Т.В., Перстенева Н.П. Многомерная взвешенная оценка в анализе течения ишемического инсульта на фоне каротидного стеноза различной степени выраженности. *Наука и инновации в медицине*. 2024;9(X):XX-XX. <https://doi.org/10.35693/SIM623623>

## Сведения об авторах

**Ткаченко А.С.** – аспирант кафедры неврологии и нейрохирургии.

<https://orcid.org/0000-0002-1081-7140>

E-mail: [tka4enko.n777@yandex.ru](mailto:tka4enko.n777@yandex.ru)

**Повереннова И.Е.** – д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой неврологии и нейрохирургии.

<https://orcid.org/0000-0002-2594-461X> E-mail: [i.e.poverennova@samsmu.ru](mailto:i.e.poverennova@samsmu.ru)

**Романова Т.В.** – д-р мед. наук, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии.

<https://orcid.org/0000-0003-2851-8672> E-mail: [t.v.romanova@samsmu.ru](mailto:t.v.romanova@samsmu.ru)

**Перстенева Н.П.** – канд. экон. наук, доцент кафедры статистики и эконометрики.

<https://orcid.org/0000-0003-3845-5011> E-mail: [persteneva\\_np@mail.ru](mailto:persteneva_np@mail.ru)

## Автор для переписки

**Повереннова Ирина Евгеньевна**

Адрес: Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099.

E-mail: [i.e.poverennova@samsmu.ru](mailto:i.e.poverennova@samsmu.ru)

**Получено:** 20.11.2023

**Одобрено:** 24.03.2024

**Опубликовано:** 10.04.2024

## Список сокращений

ИИ – ишемический инсульт; КТ – компьютерная томография; МВО – многомерная взвешенная оценка; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; NASCET – North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial; NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale; RS – Rankin Scale, шкала Рэнкина; RMI – Rivermead Mobility Index, индекс мобильности Ривермид.

# A multivariate weighted assessment model for the course of ischemic stroke accompanied by carotid stenosis of varying severity

Anastasiya S. Tkachenko<sup>1</sup>, Irina E. Poverennova<sup>1</sup>, Tatyana V. Romanova<sup>1</sup>, Natalya P. Persteneva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State Medical University (Samara, Russia)

<sup>2</sup>Samara State University of Economics (Samara, Russia)

## Abstract

**Aim** – to develop a multivariate weighted assessment model for analyzing the influence of individual risk factors for acute ischemic cerebrovascular accidents on the course of ischemic stroke with concurrent carotid stenosis of varying severity.

**Material and methods.** The study involved 606 in-patients receiving treatment for the acute ischemic stroke. The patients were divided into three groups according to the NASCET scale for severity of carotid stenosis. In all patients, we identified the risk factors for the stroke development, the size of the ischemic locus according to the CT imaging, the patient's condition at admission and discharge from the hospital using the NIHSS, Rankin, and Rivermead scales.

**Results.** The estimated indicators were represented by different measurement scales, so there was a need to bring them to the universal basis. A weighted

assessment model required assigning weights for each component of the new index. A multivariate weighted assessment was modeled in order to identify the main factors influencing its variation. We selected the risk factors for acute ischemic cerebrovascular accidents, built the regression models, performed the statistical analysis and assessed their quality.

**Conclusion.** The regression models are helpful in covering a wide range of factors and mathematically expressing their relationship with performance indicators. The developed logistic regression models demonstrated the degree of positive or negative influence of various risk factors on the course of ischemic stroke in the studied groups of patients.

**Keywords:** carotid stenosis, ischemic stroke, risk factors, logistic regression analysis, multivariate weighted assessment.

**Conflict of interest:** nothing to disclose.

**Citation**

Tkachenko AS, Poverennova IE, Romanova TV, Persteneva NP. A **multivariate weighted assessment model for the course of ischemic stroke accompanied by carotid stenosis of varying severity**. *Science and Innovations in Medicine*. 2024;9(X):XX-XX. <https://doi.org/10.35693/SIM623623>

**Information about authors**

**Anastasiya S. Tkachenko** – a postgraduate student of the Department of Neurology and Neurosurgery. <https://orcid.org/0000-0002-1081-7140>  
E-mail: [tka4enko.n777@yandex.ru](mailto:tka4enko.n777@yandex.ru)

**Irina E. Poverennova** – PhD, Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery.  
<https://orcid.org/0000-0002-2594-461X> E-mail: [i.e.poverennova@samsmu.ru](mailto:i.e.poverennova@samsmu.ru)

**Tatyana V. Romanova** – PhD, Professor, Department of Neurology and Neurosurgery.  
<https://orcid.org/0000-0003-2851-8672> E-mail: [t.v.romanova@samsmu.ru](mailto:t.v.romanova@samsmu.ru)

**Natalya P. Persteneva** – PhD, Associate professor, Department of Statistics and Econometrics. <https://orcid.org/0000-0003-3845-5011> E-mail: [persteneva\\_np@mail.ru](mailto:persteneva_np@mail.ru)

**Corresponding Author**

**Irina E. Poverennova**

Address: Samara State Medical University, 89 Chapaevskaya st., Samara, Russia, 443099.  
E-mail: [i.e.poverennova@samsmu.ru](mailto:i.e.poverennova@samsmu.ru)

Received: 20.11.2023

Accepted: 24.03.2024

Published: 10.04.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Сердечно-сосудистые заболевания среди причин смерти и инвалидизации во всем мире занимают ведущие позиции. С каждым десятилетием частота инсультов среди пациентов 50–55 лет увеличивается в 1,8–2,0 раза [1]. Утрата работоспособности после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) достигает 3,2 на 10000 взрослого населения и занимает первое место среди причин инвалидизации. Значительное число пациентов с ОНМК – люди трудоспособного возраста: 23,6 % от 41 до 50 лет включительно, а 12,3 % от всего количества – моложе 40 лет [2]. После перенесенной сосудистой «катастрофы» в течение 12 месяцев умирает 40–45% больных, а у каждого пятого в последующие годы развивается повторный инсульт [3]. Именно поэтому в современной неврологии особое внимание уделяется профилактике возникновения ишемических инсультов (ИИ) и постинсультной реабилитации пациентов.

Стенозирующее поражение магистральных артерий головы и шеи является одной из основных причин развития ишемической болезни головного мозга [4, 5]. Существует классификация каротидных стенозов в зависимости от степени сужения сосуда, по которой выделяется малый стеноз (0–29%), умеренный стеноз (30–49%), выраженный стеноз (50–69%), критический стеноз (70–99%) и полная окклюзия сосуда (100%) [6, 7]. В последние годы появилось много работ, посвященных оценке основных факторов риска развития ИИ [8, 9]. Так, немаловажную роль в возникновении и течении ОНМК играет артериальная гипертензия, являющаяся, как и каротидный стеноз, вариантом макроангиопатии [10], а снижение только диастолического артериального давления на 5 мм рт. ст. ведет к снижению риска мозгового инсульта на 34% [11]. Фибрилляция предсердий – это суправентрикулярная тахикардия. По некоторым данным, у 15–20% пациентов основной причиной сосудистых «катастроф» является именно фибрилляция предсердий [12]. Изучение влияния вышеописанных факторов на течение и прогноз острого периода ишемического инсульта даст возможность снизить риск возникновения повторных ОНМК и уменьшить выраженность неврологического дефицита в остром периоде ишемического инсульта [13, 14]. В этой связи анализ влияния факторов риска на течение ИИ, развившегося на фоне каротидного стеноза, является актуальной задачей.

## ЦЕЛЬ

Разработать многомерную взвешенную оценку влияния факторов риска ОНМК на течение ИИ, развившегося на фоне каротидного стеноза различной степени выраженности.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа основана на результатах открытого проспективного наблюдательного исследования 606 пациентов, находившихся в остром периоде ИИ в отделении для больных с ОНМК. Среди исследованных было 292 женщины (48,2%) и 314 мужчин (51,8%) в возрасте от 39 до 89 лет. Медианный возраст больных составил 67,4 (81,75; 52,9) года.

В зависимости от степени выраженности стеноза магистральных сосудов головы и шеи, определяемого при ультразвуковой доплерографии брахиоцефального ствола при поступлении в отделение для больных с ОНМК, согласно классификации NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial), пациенты были поделены на три группы. В первую группу гемодинамически незначимого стеноза (до 49%) вошло 446 пациентов (73,6%). Вторая группа (степень стеноза 50–69%) была представлена 85 (14,0%) больными. Третья группа (гемодинамически значимого стеноза – 70–100%) включала 75 больных (12,4%).

У всех исследованных больных выявляли факторы риска развития ОНМК: степень артериальной гипертензии, кардиальная патология, острые сосудистые события в анамнезе, сахарный диабет, дислипидемия и др. Размер очага ИИ определяли по данным компьютерной томографии головного мозга, выполненной при поступлении пациента в стационар: лакунарный – до 10 мм, мелкий – до 15 мм, средний – 20–50 мм, крупный – более 50 мм. Для комплексной оценки изменения состояния пациента в период от поступления (исследование 1) и до выписки из стационара (исследование 2) использовали оценочные шкалы трех частных индексов: шкала NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale); шкала Рэнкина (Rankin Scale, RS); оценочная шкала индекса мобильности пациента Ривермид (Rivermead Mobility Index, RMI).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования пациентов трех групп по оценочным шкалам при поступлении (исследование 1) и при выписке (исследование 2) из отделения для больных с ОНМК представлены в **таблице 1**.

Исходный информационный массив представляет собой балльные оценки, учтенные по каждой шкале и по каждому исследованию. Чем больше разница (дельта) между оценками того или иного пациента по обоим исследованиям, тем в большей мере изменилось его состояние за время стационарного лечения. Оценки по отдельным индексам, несомненно, дают важную информацию для планирования терапии и контроля ее эффективности, но наибольшую прогностическую ценность будет иметь сочетание всех трех частных индексов в виде единой многомерной оценки. Поскольку оценочные показатели (компоненты), входящие в состав многомерной оценки, представлены

Группы / Шкалы	I группа (n = 446)		II группа (n = 85)		III группа (n = 75)	
	Иssl. 1	Иssl. 2	Иssl. 1	Иssl. 2	Иssl. 1	Иssl. 2
<b>Лакунарный инсульт</b>						
NIHSS	7,2 (4; 8)	3,0 (1; 3)	9,2 (6; 12)	3,1 (1; 6)	9,1 (5; 12)	6,9 (2; 8)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,001		0,142	
Рэнкин	3,0 (2; 3)	2,0 (1; 2)	4,0 (3; 5)	2,0 (1; 2)	3,0 (3; 4)	2,5 (2; 4)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,002		0,091	
Ривермид	6,2 (2; 7)	12,3 (9; 13)	2,0 (1; 4)	10,0 (9; 12)	3,0 (1; 6)	8,0 (5; 12)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,001		0,013	
<b>Малый инсульт</b>						
NIHSS	10,0 (7,5; 12,5)	4,0 (3; 5)	8,5 (5,0; 8,0)	4,6 (2,0; 6,0)	10,2 (5; 15)	8,4 (3; 11)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,011		0,075	
Рэнкин	4,0 (3,0; 4,5)	2,0 (1; 3)	3,0 (3; 3)	2,0 (1; 3)	3,0 (3; 4)	3,0 (2; 3)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,028		0,310	
Ривермид	3,0 (1; 6)	8,0 (6; 12)	4,5 (1,0; 6,0)	9,5 (7,0; 13,0)	2,0 (1; 6)	6,0 (3; 10)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,005		0,043	
<b>Средний инсульт</b>						
NIHSS	7,0 (4; 11)	3,5 (3,0; 8,0)	9,5 (6,0; 15,0)	6,0 (2; 9)	11,5 (7,0; 18,0)	9,0 (3; 10)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		p < 0,001		p < 0,001	
Рэнкин	3,0 (3; 4)	2,0 (2; 4)	4,0 (3; 5)	3,0 (2; 4)	4,0 (3,0; 4,0)	3,0 (1,0; 4,0)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		p < 0,001		0,002	
Ривермид	3,0 (1; 6)	8,0 (4; 12)	2,5 (1,0; 5,0)	7,0 (4; 12)	2,0 (1; 6)	4,5 (3; 11)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		p < 0,001		0,001	
<b>Крупный инсульт</b>						
NIHSS	10,0 (8,5; 13,0)	5,5 (5,0; 11,0)	11,0 (10; 16)	6,5 (5; 6)	13,0 (5; 16)	10,0 (4; 11)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,043		0,176	
Рэнкин	4,2 (4; 5)	3,4 (3; 4)	4,1 (4; 5)	3,0 (2; 4)	4,3 (3; 5)	4,0 (3; 4)
<i>p</i> -значение	0,002		0,109		0,178	
Ривермид	2,0 (1,0; 3,5)	4,8 (2,5; 6,5)	1,8 (1; 2)	5,0 (3; 8)	1,0 (1; 1)	3,0 (3; 8)
<i>p</i> -значение	p < 0,001		0,068		0,028	

**Таблица 1.** Показатели неврологического дефицита при поступлении (исследование 1) и при выписке из стационара (исследование 2) в зависимости от степени атеросклеротического поражения и объема очага инсульта (медиана, квартиль 1; квартиль 3)

**Table 1.** Indicators of neurological deficit at the admission (Study 1) and at the discharge from the hospital (Study 2) depending on the degree of atherosclerotic lesions and the volume of the stroke lesion (median, quartile 1; quartile 3)

различными измерительными шкалами, возникает необходимость приведения их к одному основанию. Каждая шкала имеет свои особенности, связанные не только с сущностью оцениваемого явления, но и с разбросом оценочных значений:

- шкала NIHSS предназначена для оценки неврологического статуса; она имеет интервал от 0 до 42, причем оценка «0» означает «отсутствие симптомов инсульта», а оценка «42» – «тяжелый инсульт»;

- шкала Рэнкина дает оценку общей инвалидизации, то есть насколько сильно пациент зависит от сторонней помощи. Применяется 6-балльная шкала, где оценка «0» означает «отсутствие симптомов», а оценка «5» – «грубое нарушение жизнедеятельности»;

- шкала индекса Ривермид оценивает возможность ходьбы и подвижность больного. Диапазон оценок – от «0» («невозможность самостоятельного выполнения каких-либо произвольных движений») до «15» («возможность пробежать 10 метров за 4 секунды»).

При формировании информационного пространства очень важно обеспечить два требования – однонаправленность и нормированность шкал. Под однонаправленностью понимается единая трактовка всех трех частных индексов, то есть рост значений каждого индекса интерпретируется одинаково: или только как «улучшение», или

только как «ухудшение». Нормированность шкал означает, что все три индекса должны иметь одинаковый диапазон значений.

Чтобы соблюсти эти требования, мы взяли за основу индекс Ривермид. Его шкала «восходящая», то есть рост значений отражает улучшение мобильности пациента. Такая шкала интуитивно понимается как логичная, адекватная. Максимальная оценка – 15 (диапазон значений больше, чем у шкалы Рэнкина, и меньше, чем у шкалы NIHSS). Именно в диапазоне индекса Ривермид мы будем нормировать значения двух других шкал, которые являются «нисходящими», где рост значений отражает ухудшение состояния пациента.

Для решения задачи нормирования введем поправочные коэффициенты, на основе которых пересчитаем все полученные оценки. Для шкалы NIHSS все оценки будут пропорционально уменьшены с учетом коэффициента  $15/42 = 0,357$ . Например, оценка 12 после пересчета станет меньше – 4,284 ( $12 \cdot 0,357$ ), однако эта нормированная оценка по смыслу останется прежней – до нормирования она была 12 из 42, после нормирования стала 4,284 из 15, то есть уменьшилась пропорционально. При этом шкала все еще остается «нисходящей», и чтобы «перевернуть» шкалу, перейти от «нисходящей» к «восходящей», мы вычитаем каждую полученную нормированную оценку из максимально возможной, то есть из 15:

$$NIHSS_{\text{норм}} = 15 - NIHSS_{\text{факт}}$$

где  $NIHSS_{\text{норм}}$  – нормированная оценка;  $NIHSS_{\text{факт}}$  – фактическая оценка.

Далее вычисляем разность оценок ( $\Delta_{NIHSS}$ ):

$$\Delta_{NIHSS} = NIHSS_{\text{норм}2} - NIHSS_{\text{норм}1}$$

где  $NIHSS_{\text{норм}1}$  и  $NIHSS_{\text{норм}2}$  – соответственно оценка при первом и при втором исследовании.

Теперь знак «+» разности будет означать позитивное изменение неврологического статуса, знак «-» – негативное изменение.

Аналогичную процедуру проведем со шкалой Рэнкина. Все оценки будут пропорционально увеличены с коэффициентом  $15/5 = 3$ . Например, оценка 2 после пересчета станет больше – 6 ( $2 \cdot 3$ ). Переходя к «восходящей» шкале, мы вычитаем каждую полученную нормированную оценку из максимально возможной, то есть из 15:

$$RS_{\text{норм}} = 15 - RS_{\text{факт}}$$

где  $RS_{\text{норм}}$  – нормированная оценка;  $RS_{\text{факт}}$  – фактическая оценка.

Далее вычисляем разность оценок ( $\Delta_{RS}$ ):

$$\Delta_{RS} = RS_{\text{норм}2} - RS_{\text{норм}1}$$

Индекс / Шкала	Тип шкалы	Диапазон значений
Частные индексы (ненормированные шкалы)		
Шкала NIHSS	«нисходящая» – от лучшего к худшему	0 ... 42
Шкала Рэнкина	«нисходящая» – от лучшего к худшему	0 ... 5
Индекс мобильности	«восходящая» – от худшего к лучшему	0 ... 15
MBO		
Нормированная шкала	«восходящая» – от худшего к лучшему	0 ... 15

**Таблица 2.** Шкалы частных индексов MBO  
**Table 2.** Scales of private MWA indices

где  $RS_{\text{норм1}}$  и  $RS_{\text{норм2}}$  – соответственно оценка при первом и при втором исследовании.

Таким образом, мы переходим к «восходящей» шкале. Теперь знак «+» разности будет означать позитивное изменение общей инвалидизации, знак «–» – негативное изменение. Шкала Ривермид, взятая нами за эталон, останется неизменной. Разность оценок при втором и первом исследованиях даст информацию об изменении подвижности больного. Знак «+» разности будет означать позитивное изменение в подвижности, знак «–» – негативное изменение.

Следующим этапом станет вычисление многомерной взвешенной оценки (MBO) изменения состояния больного. Многомерное пространство сформировано совокупностью разностей (дельты) указанных индексов. Методика построения взвешенной оценки предполагает формирование

Нумерация	Переменная	Шкала
X1	пол	номинальная, бинарная
X2	возраст (лет)	количественная
X3	артериальная гипертензия (140–160 мм рт. ст.)	номинальная, бинарная
X4	артериальная гипертензия (161–180 мм рт. ст.)	номинальная, бинарная
X5	артериальная гипертензия (181 мм рт. ст. и выше)	номинальная, бинарная
X6	аритмия	номинальная, бинарная
X7	ишемические изменения на ЭКГ	номинальная, бинарная
X8	хроническая сердечная недостаточность 1 степени	номинальная, бинарная
X9	хроническая сердечная недостаточность 2а степени	номинальная, бинарная
X10	хроническая сердечная недостаточность 2б степени	номинальная, бинарная
X11	хроническая сердечная недостаточность 3 степени	номинальная, бинарная
X12	повторный инсульт в том же бассейне	номинальная, бинарная
X13	повторный инсульт в другом бассейне	номинальная, бинарная
X14	наличие более одного инсульта	номинальная, бинарная
X15	лакунарный ишемический инсульт	номинальная, бинарная
X16	малый ишемический инсульт	номинальная, бинарная
X17	средний ишемический инсульт	номинальная, бинарная
X18	крупный ишемический инсульт	номинальная, бинарная
X19	острое нарушение мозгового кровообращения в бассейне левой средней мозговой артерии	номинальная, бинарная

**Таблица 3.** Состав факторных переменных для моделирования MBO  
**Table 3.** Composition of factor variables for MWA modeling

весовых коэффициентов для каждого компонента нового индекса. Есть разные подходы к выбору весов, наиболее простым и эффективным из которых выступает экспертный подход. Весовые коэффициенты назначаются, исходя из интуитивного представления о сравнительной важности компонентов. В нашем случае предлагается определить веса следующим образом (с фиксированной суммой, равной 1):

$$\Delta NIHSS - 0,6;$$

$$\Delta RS - 0,2;$$

$$\Delta RMI - 0,2.$$

По нашему мнению, именно NIHSS является универсальным инструментом для оценки состояния пациента, в то время как два других индекса играют во многом вспомогательную, хотя и весьма важную, роль. Формула расчета MBO изменения состояния конкретного больного:

$$MBO = \Delta NIHSS_{\text{норм}} * 0,6 + \Delta RS_{\text{норм}} * 0,2 + \Delta RMI * 0,2.$$

Рассмотрим предложенную методику на примере. Пусть пациент А имеет 10 и 13 баллов (соответственно при первом и втором исследованиях) по нормированной шкале NIHSS, 9 и 10 баллов по нормированной шкале RS, 13 и 15 баллов по шкале RMI. Таким образом, разности (дельты) имеют следующие значения: 3 балла по нормированной шкале NIHSS, 1 балл по нормированной шкале RS, 2 балла по шкале RMI. Расчет MBO пациента А:

Расчет MBO производится по каждому пациенту. Приводим краткие сведения по всем частным индексам – компонентам MBO – и по нормированной шкале (таблица 2).

Алгоритм построения MBO следующий: выбор компонентов (частных индексов) для построения MBO; нормирование частных индексов (приведение к единой шкале); пересчет оценок по каждому частному индексу в нормированные оценки; расчет нормированных разностей (дельта) оценок по каждому частному индексу; выбор и назначение весовых коэффициентов; расчет MBO.

Следующим этапом исследования стало моделирование многомерной взвешенной оценки с целью выявить основные факторы, влияющие на ее вариацию. Регрессионные модели позволяют охватить большой круг факторов и математически выразить их связь с результативными показателями. Был проведен отбор факторов риска ОНМК у исследованных больных, построены регрессионные модели, выполнен их статистический анализ и оценено их качество. Модели строились отдельно по каждой группе пациентов. В качестве зависимой переменной Y выступила многомерная взвешенная оценка. Нумерация факторных переменных была единой для всех моделей. Список факторов сердечно-сосудистого риска для моделирования приведен в таблице 3.

Основной массив факторов представлен номинальными бинарными переменными, которые при необходимости включаются в модели как фиктивные. По каждой группе пациентов было построено минимум по две парных регрессионных модели сопоставимого качества с целью выявить и количественно выразить разнонаправленное влияние, повышающее многомерную оценку, или соответственно понижающее ее. Все модели значимы по F-критерию, их параметры значимы по t-критерию. Регрессионная модель 1 для первой группы имеет вид:

Группы	Лучшее состояние	Худшее состояние
I группа	лакунарный ишемический инсульт	хроническая сердечная недостаточность 2а степени крупный ишемический инсульт
II группа	малый инсульт	средний инсульт
III группа	хроническая сердечная недостаточность 1 степени	повторный инсульт в том же бассейне

**Таблица 4.** Результаты моделирования с использованием многомерной взвешенной оценки

**Table 4.** The results of multivariate weighted assessment modelling

$$\hat{Y}_1 = 2,678 - 0,422X_9 \\ (0,114) \quad (0,182)$$

Поясним смысл коэффициента регрессии. Больные с хронической сердечной недостаточностью 2а степени имеют многомерную взвешенную оценку в среднем на 0,422 балла меньше в сравнении с больными, не имеющими хронической сердечной недостаточности.

Регрессионная модель 2 для первой группы имеет вид:

$$\hat{Y}_1 = 2,575 - 0,571X_{18} \\ (0,095) \quad (0,287)$$

Диагноз «крупный ишемический инсульт» является фактором, ухудшающим состояние пациента, его многомерная взвешенная оценка будет в среднем на 0,571 балла ниже, чем у пациента с более легкими формами инсульта.

Регрессионная модель 3 для первой группы имеет вид:

$$\hat{Y}_1 = 2,388 + 0,466X_{15} \\ (0,104) \quad (0,201)$$

Если у больного был лакунарный ИИ, то его многомерная взвешенная оценка будет в среднем на 0,466 балла выше по сравнению с больными с более тяжелыми формами инсульта.

Таким образом, с точки зрения более благоприятного состояния пациента первой группы имеет значение наличие лакунарного ИИ, а обратное влияние на состояние пациента оказывают хроническая сердечная недостаточность 2а степени и наличие крупного ИИ.

Регрессионная модель 1 для второй группы имеет вид:

$$\hat{Y}_2 = 3,065 - 0,572X_{17} \\ (0,239) \quad (0,263)$$

Больные, перенесшие средний ИИ, имеют многомерную взвешенную оценку в среднем на 0,572 балла ниже, чем пациенты с другими формами инсульта.

Регрессионная модель 2 для второй группы имеет вид:

$$\hat{Y}_2 = 2,530 + 1,115X_{16} \\ (0,200) \quad (0,393)$$

Больные с диагнозом «малый ишемический инсульт» по сравнению с больными с другими формами инсульта имеют многомерную взвешенную оценку выше в среднем на 1,115 балла. Можно сделать вывод, что для пациентов второй группы разнонаправленное влияние на их комплексное состояние имеют два типа инсульта: средний инсульт отражается на ухудшении их состояния, а малый инсульт – на улучшении.

Регрессионная модель 1 для третьей группы имеет вид:

$$\hat{Y}_3 = 2,206 - 3,235X_{12} \\ (0,274) \quad (1,858)$$

Повторный инсульт в том же бассейне снижает многомерную взвешенную оценку пациента в среднем на

3,235 балла по сравнению с теми, у кого не было повторного инсульта или он был в другом бассейне.

Регрессионная модель 2 для третьей группы имеет вид:

$$\hat{Y}_3 = 1,852 + 1,305X_8 \\ (0,303) \quad (0,650)$$

Диагноз «хроническая сердечная недостаточность 1 степени» является фактором лучшего состояния пациента в среднем на 1,305 баллов (в сравнении с больными с другими степенями ХСН). Таким образом, результаты моделирования показали, что для пациентов третьей группы наиболее сильное отрицательное влияние на их состояние оказывает повторный инсульт в том же бассейне, а положительное влияние – хроническая сердечная недостаточность 1 степени по сравнению с более тяжелыми степенями. Результаты моделирования представлены в **таблице 4**.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Стенозирующее поражение магистральных артерий головы и шеи является само по себе значимым фактором риска развития ОНМК [15, 16]. Риск возрастает в зависимости от степени сужения сосуда [6]. В возникновении и течении ИИ играют роль и другие неблагоприятные факторы риска ОНМК, преимущественно сосудистого генеза: артериальная гипертензия различной степени выраженности, хроническая сердечная недостаточность разных степеней тяжести, нарушение сердечного ритма, наличие ОНМК в анамнезе и др. [8, 10, 12]. В современной литературе при рассмотрении вопроса взаимоотношений каротидного стеноза и ишемического инсульта внимание уделяется практически только хирургическому аспекту – каротидной эндартерэктомии и ее роли для постинсультного прогноза и реабилитации [17, 18].

При оценке состояния пациента с инсультом используются клинические шкалы (индексы) и изменения их показателей в динамике, что, безусловно, дает информацию для планирования терапии и контроля ее эффективности. Представляет интерес и сочетание всех трех частных индексов в виде единой многомерной оценки и рассмотрение ее значений в выделенных группах больных. Регрессионные модели позволяют охватить большой круг факторов и математически выразить их связь с результативными показателями. В доступной литературе мы не обнаружили подобных работ. Вместе с тем данный аспект изучения результатов и прогнозирования течения ишемического инсульта на фоне каротидного стеноза различной степени выраженности представляется актуальным и требующим более активной разработки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, определению влияния на течение ИИ у пациентов с различной степенью выраженности каротидного стеноза того или иного фактора риска ОНМК способствует математическое моделирование с разработкой многомерной взвешенной оценки. Регрессионные модели позволяют охватить большой круг факторов и математически выразить их связь с результативными показателями. Разработанные логистические модели показывают степень положительного или отрицательного влияния различных факторов риска на течение ишемического инсульта в исследованных группах больных.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
<b>Этическая экспертиза.</b> Протокол №202 заседания комитета по биоэтике при СамГМУ от 09 октября 2019 г.	<b>Ethical expertise.</b> Minutes No. 202 of the meeting of the Committee on Bioethics at SamSMU dated October 09, 2019.
<b>Источник финансирования.</b> Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	<b>Study funding.</b> The study was the authors' initiative without external funding.
<b>Конфликт интересов.</b> Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	<b>Conflict of Interest.</b> The author declares that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
<b>Участие авторов.</b> И.Е. Повереннова, Т.В. Романова – разработка концепции исследования, редактирование текста. А.С. Ткаченко, Н.П. Перстенева – сбор и обработка научного материала, написание текста, редактирование текста. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	<b>Contribution of individual authors.</b> I.E. Poverennova, T.V. Romanova – developed the study concept, performed detailed manuscript editing and revision; A.S. Tkachenko, N.P. Persteneva – has been responsible for scientific data collection, its systematization and analysis, wrote the first draft of the manuscript; manuscript editing. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Stroke: A Guide for Doctors*. Eds. Stakhovskaya LV, Kotov SV. М., 2013. (In Russ.). [Инсульт: Руководство для врачей. Под ред. Стаховской Л.В., Котова С.В. М., 2013]. ISBN 978-5-6040008-6-1
2. Kandyba DV. Stroke. *Russian Family Doctor*. 2016;20(3):5-15. (In Russ.). [Кандыба Д.В. Инсульт. Российский семейный врач. 2016;20(3):5-15]. <https://doi.org/10.17816/rfd201635-15>
3. Gusev EI, Skvortsova VI, Krylov VV. Reducing mortality and disability from vascular diseases of the brain in the Russian Federation. *Neurologicheskij vestnik*. 2007;1:128-133. (In Russ.). [Гусев Е.И., Скворцова В.И., Крылов В.В. Снижение смертности и инвалидности от сосудистых заболеваний мозга в Российской Федерации. *Неврологический вестник*. 2007;1:128-133].
4. Fedorina MA, Davydkin IL, Germanova OA. Atherosclerosis of the carotid arteries: clinical significance (literature review). *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (rehabilitation, doctor and health)*. 2023;13(3):41-46. (In Russ.). [Федорина М.А., Давыдкин И.Л., Германова О.А. Атеросклероз сонных артерий: клиническое значение (обзор литературы). *Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье*. 2023;3:41-46]. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2023.3.CLIN.2>
5. Vishnyakova AYU, Berdalin AB, Golovin DA, et al. Echographic features of the structure of atherosclerotic plaques in carotid ischemic stroke. *Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics*. 2020;2:23-29. (In Russ.). [Вишнякова А.Ю., Бердалин А.Б., Головин Д.А., и др. Эхографические особенности структуры атеросклеротических бляшек при каротидном ишемическом инсульте. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2020;2:23-29]. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2020-2-23-29>
6. Vishnyakova AYU, Berdalin AB, Golovin DA, et al. Similarities and differences in echographic signs of atherosclerotic lesions of the extracranial sections of the brachiocephalic arteries in carotid and vertebrobasilar ischemic stroke. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021;1:28-34. (In Russ.). [Вишнякова А.Ю., Бердалин А.Б., Головин Д.А., и др. Сходства и различия эхографических признаков атеросклеротического поражения экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий при каротидном и вертебрально-базиллярном ишемическом инсульте. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021;1:28-34]. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2437>
7. Kargiotis O, Sifouris A, Magoufis G, et al. The Role of Neurosonology in the Diagnosis and Management of Patients with Carotid Artery Disease: A Review. *J Neuroimaging*. 2018;3:239-251. <https://doi.org/10.1111/jon.12495>
8. Fei H, Fei-Fei Z, Wang Q, et al. Prevalence and Risk Factors of Cerebral Small Vessel Disease in a Chinese Population-based Sample. *J Stroke*. 2018;20(2):239-246. <https://doi.org/10.5853/jos.2017.02110>
9. van Dam-Nolen DHK, Truijman MTB, van der Kolk AG. Carotid Plaque Characteristics Predict Recurrent Ischemic Stroke and TIA: The PARISK (Plaque At RISK) Study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(10):1715-1726. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2022.04.003>
10. Fedin AI, Starykh EV, Baranova OA, et al. Endothelial dysfunction, vascular inflammation and oxidative stress in patients with chronic cerebral ischemia with stenosis of the internal carotid arteries. *Medical Affairs*. 2018;1:66-71. (In Russ.). [Федин А.И., Старых Е.В., Баранова О.А., и др. Дисфункция эндотелия, сосудистое воспаление и окислительный стресс у пациентов с хронической ишемией мозга при стенозах внутренних сонных артерий. *Лечебное дело*. 2018;1:66-71].
11. Chang RW, Tucker LY, Rothenberg KA, et al. Incidence of Ischemic Stroke in Patients With Asymptomatic Severe Carotid Stenosis Without Surgical Intervention. *JAMA*. 2022;327(20):1974-1982. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.4835>
12. Gimaev RKH, Kreстьяninov MV, Lankov VA, et al. Features of morphofunctional parameters of the heart in patients in the acute stage of ischemic stroke of various localization. *Neurological Bulletin. Journal named after V.M. Bekhterev*. 2018;1:93. (In Russ.). [Гимаев Р.Х., Крестьянинов М.В., Ланков В.А., и др. Особенности морфофункциональных параметров сердца у больных в острой стадии ишемического инсульта различной локализации. *Неврологический вестник. Журнал им. В.М. Бехтерева*. 2018;1:93]. <https://doi.org/10.17816/nb119904>
13. Riganello F, Chatelle C, Schnakers C, et al. Heart Rate Variability as an Indicator of Nociceptive Pain in Disorders of Consciousness? *J Pain Symptom Manage*. 2019;57(1):47-56. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2018.09.016>
14. Abbott AL. Extra-Cranial Carotid Artery Stenosis: An Objective Analysis of the Available Evidence. *Front Neurol*. 2022;13:739999. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.739999>
15. Bir SC, Kelley RE. Carotid atherosclerotic disease: A systematic review of pathogenesis and management. *Brain Circ*. 2022;8(3):127-136. [https://doi.org/10.4103/bc.bc\\_36\\_22](https://doi.org/10.4103/bc.bc_36_22)
16. Yaghi S, de Havenon A, Rostanski S, et al. Carotid Stenosis and Recurrent Ischemic Stroke: A Post-Hoc Analysis of the POINT Trial. *Stroke*. 2021;52(7):2414-2417. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.121.034089>
17. Kazantsev AN, Porkhanov VA, Khubulava GG. Comparative results of emergency carotid endarterectomy and emergency carotid angioplasty with stenting in the acute period of ischemic stroke. Results of a multicenter study. *Emergency medical care. Journal named after N.V. Sklifosovsky*. 2021;10(1):33-47. (In Russ.). [Казанцев А.Н., Порханов В.А., Хубулава Г.Г. Сравнительные результаты экстренной каротидной эндартерэктомии и экстренной каротидной ангиопластики со стентированием в острейшем периоде ишемического инсульта. Результаты многоцентрового исследования. *Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского*. 2021;10(1):33-47]. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-1-33-47>
18. Chang RW, Tucker L, Rothenberg KA, et al. Incidence of Ischemic Stroke in Patients With Asymptomatic Severe Carotid Stenosis Without Surgical Intervention. *JAMA*. 2022;327(20):1974-1982. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.4835>