

**ПРЕДИКТОРЫ НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФИЦИТА ПРИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ СТЕНОЗАХ СОННЫХ И ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ**

© Г.Б. Бабаян<sup>1</sup>, Р.А. Зорин<sup>2</sup>, А.С. Пшенников<sup>1,2</sup>, И.А. Сучков<sup>2</sup>, В.А. Юдин<sup>1,2</sup>, В.А. Жаднов<sup>2</sup>, А.А. Егоров<sup>1</sup>, А.И. Жданов<sup>3</sup>

Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация (1)

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация (2)

Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Российская Федерация (3)

**Цель.** Изучить предикторы развития неврологического дефицита у оперированных пациентов с гемодинамически значимым стенозом внутренних сонных и позвоночных артерий на основе комплексного клиничко-инструментального и клиничко-лабораторного обследования и технологий машинного обучения.

**Материалы и методы.** Обследовано 49 пациентов с гемодинамически значимым атеросклеротическим стенозом магистральных сосудов шеи и головы. Все пациенты были оперированы: в 34 случаях выполнена каротидная эндартерэктомия, в 15 случаях редрессация позвоночной артерии. Пациентам выполнялось ультразвуковое исследование и доплерография сосудов шеи и головы с оценкой степени стеноза сосудов по площади, линейной скорости кровотока по общим сонным артериям, внутренним сонным артериям, позвоночных артериям с двух сторон; ультразвуковое исследование сердца, оценивались показатели систолической функции (фракция выброса), конечно-диастолический и конечно-систолический размер левого желудочка. Всем пациентам выполнялось стандартное исследование электрокардиограммы по 12 отведениям. Показатели гемостаза оценивались при помощи аппарата (Sysmex CA-500 Series) и включали уровень фибриногена, тромбиновое время, активированное частичное тромбиновое время, международное нормированное отношение, протромбиновый индекс, тромбоциты. Оценивались биохимические факторы риска развития нарушений мозгового кровообращения: уровень гликемии и холестерина крови.

**Результаты.** На основе оценки неврологического статуса, данных нейровизуализации и анамнеза пациенты были разделены на 2 группы: с ишемическим поражением головного мозга и неврологическим дефицитом и без соответствующих нарушений. Была создана искусственная нейрона сеть, классифицирующая пациентов в данные группы на основе показателей гемодинамики в магистральных сосудах шеи и головы, данных клиничко-лабораторного обследования и систолической функции сердца. Искусственная нейронная сеть обладала удовлетворительными классификационными способностями. Выявлена закономерность между нарушениями магистрального кровотока в вертебро-базиллярном бассейне и развитием неврологического дефицита. Среди высоко значимых показателей особый интерес представляют показатели гемостаза, характеризующие тенденцию к гиперкоагуляции; а также показатели системной гемодинамики, определяющиеся насосной функцией сердца. Меньшую значимость имела степень стеноза сонных артерий.

**Заключение.** Наиболее значимыми предикторами неврологического дефицита являются нарушения кровотока в вертебробазиллярном бассейне, показатели гемостаза и характеристики насосной функции сердца. Технологии прогнозирования на основе машинного обучения позволяют достаточно эффективно прогнозировать формирование неврологического дефицита у пациентов с гемодинамически значимым стенозом магистральных сосудов шеи.

**Ключевые слова:** гемодинамически значимые стенозы; предикторы; неврологический дефицит; внутренняя сонная артерия; позвоночная артерия; технологии машинного обучения.

## PREDICTORS OF NEUROLOGICAL DEFICITS IN PATIENTS WITH HEMODYNAMICALLY SIGNIFICANT STENOSIS OF CAROTID AND VERTEBRAL ARTERIES

G.B. Babayan<sup>1</sup>, R.A. Zorin<sup>2</sup>, A.S. Pshennikov<sup>1,2</sup>, I.A. Suchkov<sup>2</sup>, V.A. Yudin<sup>1,2</sup>, V.A. Zhadnov<sup>2</sup>, A.A. Egorov<sup>1</sup>, A.I. Zhdanov<sup>3</sup>

Ryazan Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation (1)

Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation (2)

N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russian Federation (3)

**Aim.** The study aims to describe possible predictors of neurological deficits in operated patients with hemodynamically significant stenosis of internal carotid and vertebral arteries based on clinical, instrumental and laboratory findings as well as machine learning technologies.

**Material and Methods.** The study involved 49 patients with hemodynamically significant atherosclerotic stenotic lesions of main blood vessels of the neck and head: 34 subjects underwent carotid endarterectomy, and 15 patients underwent reimplantation of the vertebral arteries. Vascular ultrasound scanning was performed to assess the degree of stenosis by area, linear blood velocity in common carotid, internal carotid, and vertebral arteries on both sides; echocardiography estimated systolic function scores (ejection fraction), left ventricular end-diastolic and end-systolic diameters. All patients underwent a standard 12-lead electrocardiography. Haemostatic parameters, including fibrinogen levels, prothrombin time, partial thromboplastin time, international normalized ratio, prothrombin index, and platelets were evaluated. Biochemical risk factors of impaired cerebral circulation such as blood glucose and cholesterol were also evaluated.

**Results.** Based on the neurological assessment and neuroimaging findings, the patients were allocated into 2 subgroups: with neurological deficit due to ischemic brain lesions and without such disorders. We created an artificial neural network, which is capable of classifying patients into subgroups on the basis of the hemodynamic parameters in main blood vessels of neck, laboratory data, and systolic cardiac function. The artificial neural network has satisfactory classification abilities. Patterns were established between impaired vertebrobasilar cerebral circulation and neurological deficits. Statistically significant trends were observed for hemostatic parameters in terms of hypercoagulation as well as systemic hemodynamic parameters characterized by cardiac pumping function. Statistically significant results were also obtained for the degree of carotid artery stenosis.

**Conclusion.** The most significant predictors of neurologic deficit in patients with stenosis of blood vessels of the neck undergoing surgical treatment are hemodynamic parameters in vertebral arteries, hemostatic parameters, and impaired pumping function of the heart. Prognosis-based machine learning technologies allow effective prediction of neurological deficits in patients with hemodynamically significant stenosis of main arteries of the neck.

**Keywords:** *hemodynamically significant stenosis; predictors; neurological deficits; internal carotid arteries; vertebral arteries; machine learning technology.*

Гемодинамические значимые стенозы магистральных экстракраниальных артерий являются одним из патогенетических механизмов ишемического инсульта [1,2]. Актуальность гемодинамических ишемических инсультов определяется во-

влечением больших сосудистых бассейнов, грубой инвалидизацией и риском летального исхода у пациентов [3]. Наиболее эффективным методом профилактики и лечения острого и хронического нарушения мозгового кровообращения у паци-

ентов с транзиторным либо стойким неврологическим дефицитом являются операции на сонных и позвоночных артерий при гемодинамически значимых стенозах [4]. Предикторами краткосрочного и долгосрочного прогноза динамики неврологической симптоматики при гемодинамически значимых стенозах магистральных артерий шеи являются сопутствующая сосудистая патология, нарушение ауторегуляции мозгового кровообращения, степень стеноза сонных и позвоночных артерий, показатели гемостаза, системные нарушения гемодинамики, степень нарушения липидного обмена [5]. При этом прогностические технологии должны учитывать сложные нелинейные отношения между данными предикторами, что может быть реализовано при помощи технологии машинного обучения [6,7].

*Цель* – прогнозирование выраженности неврологического дефицита у пациентов с гемодинамически значимыми стенозами артерий шеи на основе комплексного клинично-инструментального и клинично-лабораторного обследования и технологий машинного обучения.

#### **Материалы и методы**

Обследовано 49 пациентов с гемодинамически значимым атеросклеротическим стенозом магистральных сосудов шеи и головы. Средний возраст составил 62,9 года, стандартная ошибка средней 1,17 лет, из них 30 мужчин и 19 женщин.

У 32 пациентов верифицирован гемодинамически значимый стеноз каротидных артерий (внутренней сонной или общей сонной артерии), у 17 гемодинамически значимый стеноз позвоночных артерий (изолированный или в комбинации с гемодинамически значимым стенозом каротидных сосудов).

Все пациенты были оперированы: в 34 случаях выполнена каротидная эндартерэктомия, в 15 случаях редрессация позвоночной артерии.

Пациентам выполнялось ультразвуковое исследование и доплерография сосудов шеи и головы при помощи аппарата

(GE VIVID S6) с оценкой степени стеноза сосудов по площади, линейной скорости кровотока по общим сонным артериям, внутренним сонным артериям, позвоночным артериям с двух сторон. Пациентам проведено ультразвуковое исследование сердца (GE VIVID S6), оценивались показатели систолической функции (фракция выброса), конечно диастолический и конечно систолический размер левого желудочка. Всем пациентам выполнялось стандартное исследование электрокардиограммы по 12 отведениям. Показатели гемостаза оценивались при помощи аппарата (Sysmex CA-500 Series) и включали уровень фибриногена, тромбиновое время, активированное частичное тромбиновое время, международное нормированное отношение, протромбиновый индекс, тромбоциты. Оценивались биохимические факторы риска развития нарушений мозгового кровообращения: уровень гликемии и холестерина крови.

Экспертным путём пациенты разделены на 2 группы: 1) с наличием очагового неврологического дефицита, постишемических глиозно-кистозных изменений по данным нейровизуализации или указаний на ишемический инсульт/транзиторную ишемическую атаку в анамнезе; 2) без очагового неврологического дефицита; очаговых изменений ткани мозга по данным нейровизуализации.

Методом искусственным нейронных сетей (ИНС) осуществлялось решение задачи классификации исследуемых на группы на основе показателей системной, регионарной гемодинамики, показателей системы гемостаза и биохимических показателей. ИНС создавались при помощи программы Statistica 10.0 Ru; проводилось последовательное создание, обучение и тестирование ИНС; оценивалось общее качество модели по площади под кривой операциональных характеристик и число ошибок в обучающей и контрольной выборках.

#### **Результаты и их обсуждение**

В группу пациентов без неврологического дефицита включено 22 человека (от-

сутствие нарушений мозгового кровообращения в анамнезе; минимально выраженные очаговые неврологические расстройства, отсутствие ишемических/глиозно-кистозных изменений по данным нейровизуализации). В группу пациентов с неврологическим дефицитом 27 человек вошли пациенты с очаговым неврологическим дефицитом, острыми нарушениями мозгового кровообращения (ишемическим инсультом) в анамнезе, глиозно-кистозными очаговыми изменениями по данным РКТ или МРТ.

Из созданных ИНС была отобрана сеть, позволяющая удовлетворительно осуществлять решение задачи классификации исследуемых в выделенные группы на основе исследуемых показателей.

Данная ИНС представляла собой многослойный перцептрон с 15 входными нейронами, 7 нейронами промежуточного слоя, 2 выходными нейронами. Использовался алгоритм обучения BFGS, функция ошибки сумма квадратов, функция активации скрытых нейронов тождественная, функция активации выходных нейронов логистическая.

При этом достигнута 100% производительность в обучающей выборке (ошибок классификации не было) и 85% производительность в тестовой выборке (табл. 1).

Как следует из таблицы 1 более сложной задачей оказалось распределение испытуемых в группу 2. Показатели ROC анализа представлены на рисунке (площадь под кривой ROC-анализа 0,854; порог 0,738).

Таблица 1

*Показатели работы ИНС в тестовой выборке*

Решение	Группа 1	Группа 2	Всего
Верное	100%	72%	86%
Неверное	0%	28%	14%

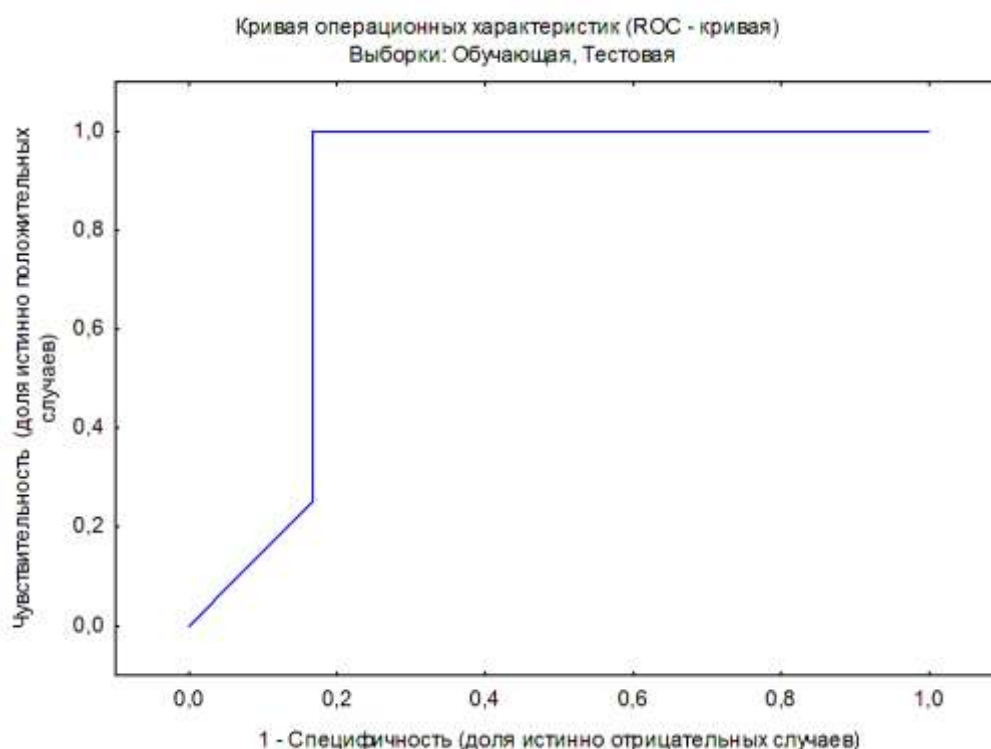


Рис. 1. Кривая операционных характеристик

Удовлетворительные классификационные способности ИНС позволили ранжировать прогностические показатели/

предикторы в порядке их значимости для решения задачи классификации (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели, используемые ИНС для решения задачи классификации**

Показатели	Ранг	Чувствительность
Степень стеноза левой позвоночной артерии (% от площади поперечного сечения)	1	3,68
Активированное частичное тромбиновое время, с	2	2,67
Уровень фибриногена крови, г/л	3	1,97
Степень стеноза правой позвоночной артерии (% от площади поперечного сечения)	4	1,93
Фракция выброса по данным УЗИ сердца (%)	5	1,73
Конечный диастолический размер левого желудочка, см	6	1,70
Степень стеноза левой внутренней сонной артерии (% от площади поперечного сечения)	7	0,99
Нарушение ритма (категориальный показатель)	8	0,89
Степень стеноза левой общей сонной артерии (% от площади поперечного сечения)	9	0,86
Уровень глюкозы крови, ммоль/л	10	0,77
Степень стеноза правой общей сонной артерии (% от площади поперечного сечения)	11	0,73
Степень стеноза правой внутренней сонной артерии (% от площади поперечного сечения)	12	0,72
Уровень холестерина крови, ммоль/л	13	0,39

Более высокий ранг (показатель чувствительности и меньшее значение ранга) отражает большую значимость показателей в решении задачи классификации. При усреднении рангов групп показателей они расположились в следующем порядке: стеноз позвоночных артерий (усредненный ранг 2), показатели гемостаза (3), показатели системной гемодинамики (фракция выброса, конечный диастолический размер – 5,5), нарушение сердечного ритма (усредненный ранг – 8), стеноз внутренних сонных артерий (9), стеноз общих сонных артерий (10), биохимические показатели крови (11,5).

Предикторы неврологического дефицита у пациентов гемодинамически значимыми стенозами сосудов шеи оказались и закономерными и неожиданными. Так, наибольшее значение в решении задачи классификации имели показатели

нарушения магистрального кровотока в вертебро-базиллярном бассейне, что соответствует данным литературы [8], однако степень стеноза сонных артерий имело меньшую значимость. Среди высоко значимых показателей особый интерес представляют показатели гемостаза, характеризующие тенденцию к гиперкоагуляции; а также показатели системной гемодинамики, определяющиеся насосной функцией сердца [9-11].

Предполагается, что детальное описание неврологического статуса, оценка когнитивных функций, а также объективизация неврологических тестов при помощи нейрофизиологических исследований позволят не только улучшить прогностическую значимость модели, но и решить задачу краткосрочного прогнозирования эффективности хирургического вмешательства.

### Заключение

Таким образом, технологии прогнозирования на основе машинного обучения позволяют достаточно эффективно прогнозировать формирование неврологического дефицита у пациентов с гемодинамически значимым стенозом магистральных сосудов шеи.

При этом наиболее значимыми предикторами неврологического дефицита являются нарушения кровотока в вертебрально-базиллярном бассейне, показатели гемостаза и характеристики насосной функции сердца.

### Дополнительная информация

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют

отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить в связи с публикацией данной статьи.

**Этика.** В исследовании использованы данные людей в соответствии с подписанным информированным согласием.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

#### Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования – Егоров А.А., Жаднов В.А.

Сбор и обработка материала – Бабаян Г.Б., Егоров А.А., Жаднов В.А., Зорин Р.А., Пшенников А.С., Сучков И.А., Юдин В.А.

Статистическая обработка данных, написание текста – Зорин Р.А., Пшенников А.С.

Редактирование – Сучков И.А., Жаднов В.А., Юдин В.А., Жданов А.И.

### Литература

1. Сорокоумов В.А., Савелло А.В. Атеросклероз внутричерепных артерий: причины ишемического инсульта, диагностика и лечение // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2014. №S2. С. 50-55. doi:10.14412/2074-2711-2014-2S-50-55
2. Ranquel-Castilla L., Rajan G.B., Shakir H.J., et al. Endovascular prevention and treatment of stroke related to extracranial carotid artery disease // Journal of Cardiovascular Surgery (Torino). 2017. Vol. 58, №1. P. 35-48. doi:10.23736/S0021-9509.16.09771-8
3. Бокерия Л.А., Покровский А.В., Сокуренок Г.Ю., и др. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. М.; 2013. Режим доступа: [http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations\\_brachiocephalic.pdf](http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations_brachiocephalic.pdf). Ссылка активна на 03.02.2019.
4. Иоскевич Н.Н., Ильина С.Н., Завадский П.С. Атеросклеротические окклюзионно-стенотические поражения сонных артерий: хирургическая тактика, варианты оперативного лечения и их результаты // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2007. №1 (17). С. 8-14.
5. Рахмонов Р.А., Тоджиддинов Т.Б., Исоева М.Б., и др. Суммарный сердечно-сосудистый риск – новый подход к прогнозированию инсульта // Вестник Авиценны. 2017. Т. 19, №4. С. 471-475. doi:10.25005/2074-0581-2017-19-4-471-475
6. Asadi H., Dowling R., Yan B., et al. Machine learning for outcome prediction of acute ischemic stroke post intra-arterial therapy // Plos One. 2014. Vol. 9, №2. P. e88225. doi:10.1371/journal.pone.0088225
7. Зорин Р.А., Медведева Ю.И., Курепина И.С., и др. Вегетативное обеспечение целенаправленной деятельности и её результативность у

- практически здоровых лиц // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7, №1. С. 38-45. doi:10.23888/HMJ20197138-45
8. Зорин Р.А., Лапкин М.М., Жаднов В.А. Моторно-вегетативные механизмы целенаправленной деятельности больных эпилепсией и клинические проявления заболевания // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2017. Т. 25, №1. С. 76-85. doi:10.23888/PAVLOVJ2017176-85
9. Shao J.X., Linq Y.A., Du H.P., et al. Comparison of hemodynamic changes and prognosis between stenting and standardized medical treatment in patients with symptomatic moderate to severe vertebral artery origin stenosis // Medicine. 2019. Vol. 98, №13. P. e14899. doi:10.1097/MD.00000000000014899
10. Ловрикова М.А., Жмеренецкий К.В., Рудь С.С. Атеросклероз брахиоцефальных сосудов: классификация, ультразвуковая диагностика, стандарты лечения // Дальневосточный медицинский журнал. 2015. №4. С. 118-123.
11. Бокерия Л.А., Асланиди И.П., Сергуладзе Т.Н., и др. Оценка результатов хирургического лечения поражений брахиоцефальных артерий по данным клинических и лучевых методов диагностики // Клиническая физиология кровообращения. 2012. №3. С. 37-44.
12. Lee J.I., Jander S., Oberhuber A., et al. Stroke in patients with occlusion of the internal carotid artery: options for treatment // Expert Review of Neurotherapeutics. 2014. Vol. 14, №10. P. 1153-1167. doi:10.1586/14737175.2014.955477

### References

1. Sorokoumov VA, Savello AV. Intracranial atherosclerosis: Causes of ischemic stroke, diagnosis, and treatment. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2014;(S2):50-5. (In Russ). doi:10.14412/2074-2711-2014-2S-50-55

2. Ranquel-Castilla L, Rajan GB, Shakir HJ, et al. Endovascular prevention and treatment of stroke related to extracranial carotid artery disease. *Journal of Cardiovascular Surgery (Torino)*. 2017;58(1):35-48. doi:10.23736/S0021-9509.16.09771-8
3. Bokeriya LA, Pokrovskiy AV, Sokurenko GYu, et al. *Natsional'nyye rekomendatsii po vedeniyu patsiyentov s zabolevaniyami brakhiosefal'nykh arteriy*. Moscow; 2013. Available at: [http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations\\_brachiocephalic.pdf](http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations_brachiocephalic.pdf). Accessed: 03.02.2019. (In Russ).
4. Ioskevich NN, Ilina SN, Zavadskiy PCh. Atherosclerotic occlusive stenotic lesions of carotid arteries: surgical approach, variants of surgical treatment and their results. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2007;1(17):8-14. (In Russ).
5. Rakhmonov RA, Tojiddinov TB, Isoeva MB, et al. Total cardiovascular risk – a new approach for predicting stroke. *Avicenna Bulletin*. 2017;19(4):471-5. (In Russ). doi:10.25005/2074-0581-2017-19-4-471-475
6. Asadi H, Dowling R, Yan B, et al. Machine learning for outcome prediction of acute ischemic stroke post intra-arterial therapy. *Plos One*. 2014;9(2):e88225. doi:10.1371/journal.pone.0088225
7. Zorin RA, Medvedeva YuI, Kurepina IS, et al. The vegetative support of purposeful activity and performance efficiency in healthy people. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2019;7(1):38-45. (In Russ). doi:10.23888/HMJ20197138-45
8. Zorin RA, Lapkin MM, Zhadnov VA. The mechanisms of motor and vegetative maintenance of modeling activity in patients with epilepsy and clinical course of disease. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2017;25(1): 76-85. (In Russ). doi:10.23888/PAVLOVJ2017176-85
9. Shao JX, Linq YA, Du HP, et al. Comparison of hemodynamic changes and prognosis between stenting and stanrdized medical treatment in patients with symptomatic moderate to severe vertebral artery origin stenosis. *Medicine*. 2019;98(13):e14899. doi:10.1097/MD.00000000000014899
10. Lovrikova MA, Zhmerenetsky KV, Rud SS. Atherosclerosis of the brachiocephalic vessels: classification, ultrasound diagnosis, treatment approaches. *Far East Medical Journal*. 2015;(4):118-23. (In Russ).
11. Bockeria LA, Aslanidi IP, Serguladze TN, et al. Evaluation of surgical results for brachiocephalic arteries lesions according to the data of clinical and imaging methods of diagnosis. *Clinical Physiology of Circulation*. 2012;(3):37-44. (In Russ).
12. Lee JI, Jander S, Oberhuber A, et al. Stroke in patients with occlusion of the internal carotid artery: options for treatment. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 2014;14(10):1153-67. doi:10.1586/14737175.2014.955477

#### Информация об авторах [Authors Info]

\***Бабаян Гаянэ Борисовна** – врач-нейрохирург, ГБУ РО Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация. e-mail: [gaiana1990@gmail.com](mailto:gaiana1990@gmail.com)

SPIN: 7190-5913, ORCID ID: 0000-0002-8069-3091.

**Gaiane B. Babayan** – neurosurgeon, Ryazan Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation. e-mail: [gaiana1990@gmail.com](mailto:gaiana1990@gmail.com)

SPIN: 7190-5913, ORCID ID 0000-0002-8069-3091.

**Зорин Роман Александрович** – д.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 5210-5747, ORCID ID: 0000-0003-4310-8786.

**Roman A. Zorin** – MD, PhD, Associate Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 5210-5747, ORCID ID: 0000-0003-4310-8786.

**Пишеников Александр Сергеевич** – д.м.н., доцент, доцент кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной, оперативной хирургии и топографической анатомии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 3962-7057, ORCID ID: 0000-0002-1687-332X.

**Aleksandr S. Pshennikov** – MD, PhD, Associate Professor of the Department of Cardiovascular, Endovascular, Operative Surgery and Topographic Anatomy, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 3962-7057, ORCID ID: 0000-0002-1687-332X.

**Сучков Игорь Александрович** – д.м.н., профессор, профессор кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной, оперативной хирургии и топографической анатомии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 6473-8662, ORCID ID: 0000-0002-1292-5452.

**Igor A. Suchkov** – MD, PhD, Professor, Professor of the Department of Cardiovascular, Endovascular, Operative Surgery and Topographic Anatomy, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 6473-8662, ORCID ID: 0000-0002-1292-5452.

**Юдин Владимир Александрович** – д.м.н., профессор, профессор кафедры хирургии, акушерства и гинекологии ФДПО, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 1463-2810, ORCID ID: 0000-0001-6385-7413.

**Vladimir A. Yudin** – MD, PhD, Professor, Professor of the Department of Surgery, Obstetrics and Gynecology of the Faculty of Additional Professional Education, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 1463-2810, ORCID ID: 0000-0001-6385-7413.

**Жаднов Владимир Алексеевич** – д.м.н., профессор, зав. кафедрой неврологии и нейрохирургии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 1632-5083, ORCID ID: 00000-0002-5973-1196.

**Vladimir A. Zhadnov** – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 1632-5083, ORCID ID: 00000-0002-5973-1196.

**Егоров Андрей Александрович** – к.м.н., зав. отделением сосудистой хирургии, Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 2408-4176, ORCID ID: 0000-0003-0768-7602.

**Andrey A. Egorov** – MD, PhD, head of the Department of Vascular Surgery, Ryazan Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 2408-4176, ORCID ID: 0000-0003-0768-7602.

**Жданов Александр Иванович** – д.м.н., профессор, зав. кафедрой госпитальной хирургии, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Российская Федерация.

SPIN: 9964-3403, ORCID ID: 0000-0001-7110-6249.

**Aleksandr I. Zhdanov** – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Hospital Surgery, N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russian Federation.

SPIN: 9964-3403, ORCID ID: 0000-0001-7110-6249.

---

**Цитировать:** Бабаян Г.Б., Зорин Р.А., Пшенников А.С., Сучков И.А., Юдин В.А., Жаднов В.А., Егоров А.А., Жданов А.И. Предикторы неврологического дефицита при гемодинамически значимых стенозах сонных и позвоночных артерий // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7, №4. С. 533-540. doi:10.23888/HMJ201974533-540

**To cite this article:** Babayan GB, Zorin RA, Pshennikov AS, Suchkov IA, Yudin VA, Zhadnov VA, Egorov AA, Zhdanov AI. Predictors of neurological deficits in patients with hemodynamically significant stenosis of carotid and vertebral arteries. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2019;7(4):533-40. doi:10.23888/HMJ201974533-540

**Поступила / Received:** 24.04.2019  
**Принята в печать / Accepted:** 20.12.2019