

УДК 616.89-008.45/47-02:616.133-004.6  
<https://doi.org/10.23888/HMJ202311159-68>

## Клинические и нейрофизиологические корреляты когнитивных нарушений у пациентов с атеросклеротическим поражением сонных артерий

Н. А. Соляник✉, А. С. Пшенников, Р.А. Зорин, В.А. Жаднов., А.О. Буршинов, Г.А. Леонов, О.В. Евдокимова

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

Автор, ответственный за переписку: Соляник Никита Андреевич, [solianik.nikita@gmail.com](mailto:solianik.nikita@gmail.com)

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Когнитивные нарушения зачастую не выходят на первый план в интерпретации клинических проявлений при гемодинамически значимых стенозах брахиоцефальных артерий. В связи с этим объективизация когнитивных нарушений на основе батареи тестов, а также их нейрофизиологических коррелятов представляет значимую задачу как ангиологии, так и неврологии. Эндогенный вызванный потенциал P300 является нейрофизиологическим феноменом, характеризующим психофизиологические функции восприятия, внимания, мышления.

**Цель:** изучение динамики когнитивных функций и их нейрофизиологических коррелятов у пациентов с гемодинамически значимыми стенозами сонных артерий до и после каротидной эндартерэктомии.

**Материалы и методы.** В открытое проспективное исследование было включено 60 пациентов, разделенных на две группы. Группа А — это 30 «симптомных» больных, которые имели гемодинамически значимое поражение (стеноз) внутренней сонной артерии и в анамнезе перенесенное острое нарушение мозгового кровообращения. Группа Б — это 30 «асимптомных больных», которые не имели в анамнезе церебральных сосудистых событий. В рамках исследования до операции и через 6 месяцев после операции по поводу каротидного стеноза были оценены когнитивный статус (по шкалам MMSE, FAB, MoCA, NIHSS), а также клинико-нейрофизиологические корреляты когнитивных функций (вызванный потенциал P300).

**Результаты.** В группе пациентов с наличием неврологических расстройств (группа А) определяется достоверно большее число ошибок ( $p = 0,048$ ), а также снижение амплитуды ( $p = 0,006$ ) и увеличение латентности ( $p = 0,022$ ) компонента P2 когнитивного вызванного потенциала P300. На основе показателей связанного с событиями потенциала P300 была создана модель логит-регрессии, позволяющая классифицировать пациентов в вышеописанные группы. Дополнительно была проведена кластерный анализ по динамике показателей когнитивных функций до и после операции. В кластере 1 процент симптомных пациентов составил 45%, асимптомных 55%, в кластере 2 — 58% и 32% соответственно, достоверных различий не выявлено ( $\chi^2 = 0,58$ ;  $p = 0,445$ ). Кластер 1 характеризовался исходно более высоким уровнем выполнения тестов и незначительным нарастанием данного показателя после операции; кластер 2 характеризовался более низким уровнем данных показателей, причём наибольшие различия выявлены по характеристикам батареи лобной дисфункции (FAB). Достоверные различия по уровню P300 обнаружены только после операции: при этом наибольшие различия были зафиксированы в амплитуде компонентов P2, P3, N2.

**Заключение.** Фактор когнитивных нарушений является отдельным феноменом, не связанным тесно с очаговой неврологической синдромологией у пациентов с каротидным атеросклерозом. Одним из объективных нейрофизиологических критериев когнитивных нарушений у данных пациентов является эндогенный вызванный потенциал P300. При этом наибольшие различия между нейрофизиологическими коррелятами когнитивных расстройств в подгруппах пациентов определяются через 6 месяцев после операции каротидной эндартерэктомии.

**Ключевые слова:** атеросклероз сонных артерий; когнитивный потенциал P300; каротидная эндартерэктомия; когнитивные функции; логит-регрессионный анализ; кластерный анализ

### Для цитирования:

Соляник Н. А., Пшенников А. С., Зорин Р. А., Жаднов В. А., Буршинов А. О., Леонов Г. А., Евдокимова О. В. Клинические и нейрофизиологические корреляты когнитивных нарушений у пациентов с атеросклеротическим поражением сонных артерий // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2023. Т. 11, № 1. С. 59–68. <https://doi.org/10.23888/HMJ202311159-68>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ202311159-68>

## Clinical and Neurophysiological Correlates of Cognitive Disorders in Patients with Carotid Atherosclerosis

Nikita A. Solyanik✉, Aleksandr S. Pshennikov, Roman A. Zorin, Vladimir A. Zhadnov, Aleksandr O. Burshinov, Gennadiy A. Leonov, Olga V. Evdokimova

Ryazan Medical State University, Ryazan, Russian Federation

Corresponding author: Nikita A. Solyanik, [solianik.nikita@gmail.com](mailto:solianik.nikita@gmail.com)

### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Cognitive disorders often do not come to the fore in the interpretation of clinical manifestations in hemodynamically significant stenoses of brachiocephalic arteries. In this regard, the objectification of cognitive disorders based on a battery of tests, as well as of their neurophysiological correlates, is an important task of both angiology and neurology. Endogenous evoked potential P300 is a frequently used neurophysiological phenomenon characterizing the psychophysiological functions of perception, attention, and thinking.

**AIM:** To study the dynamics of cognitive functions and their neurophysiological correlates in patients with hemodynamically significant carotid artery stenosis before and after carotid endarterectomy.

**MATERIALS AND METHODS:** An open prospective study included 60 patients divided to two groups. Group A included 30 'symptomatic' patients with a hemodynamically significant lesion (stenosis) of the internal carotid artery and a history of acute cerebrovascular accident. Group B included 30 'asymptomatic patients' without a history of cerebrovascular events. Within the study, before surgery for carotid stenosis and 6 months after, the following parameters were assessed: cognitive status (according to the MMSE, FAB, MoCA, NIHSS scales), and also clinical and neurophysiological correlates of cognitive functions (P300 evoked potential).

**RESULTS:** In the group of patients with neurological disorders (group A), a reliably greater number of errors ( $p = 0.048$ ), as well as a decrease in the amplitude ( $p = 0.006$ ) and increase in latency ( $p = 0.022$ ) of P2 component of P300 cognitive evoked potential were determined. Based on the parameters of P300 event-related potential, a logit regression model was created that permitted to classify patients to the above-mentioned groups. The cluster analysis of dynamics of cognitive functions was additionally performed before and after surgery. In cluster 1, there were 45% of symptomatic patients, 55% of asymptomatic ones, in cluster 2 — 58% and 32%, respectively, no reliable differences were found (chi-square 0.58;  $p = 0.445$ ). Cluster 1 was characterized by initially higher level of test performance with some increase in this parameter after surgery; Cluster 2 was characterized by a lower level of these parameters, with the greatest differences found in frontal assessment battery (FAB) characteristics. Reliable differences in the level of P300 were found only after surgery: the greatest differences were recorded in the amplitude of P2, P3, N2 components.

**CONCLUSION:** The factor of cognitive impairment is a separate phenomenon, not closely related to focal neurological syndrome in patients with carotid atherosclerosis. An objective neurophysiological criterion for cognitive impairment in these patients is the endogenous evoked potential P300. With this, the greatest differences between the neurophysiological correlates of cognitive disorders are determined 6 months after the operation for carotid stenosis.

**Keywords:** *carotid atherosclerosis, cognitive potential P300, carotid endarterectomy, cognitive functions, logit-regression analysis, cluster analysis*

### For citation:

Solyanik N. A., Pshennikov A. S., Zorin R. A., Zhadnov V. A., Burshinov A. O., Leonov G. A., Evdokimova O. V. Clinical and Neurophysiological Correlates of Cognitive Disorders in Patients with Carotid Atherosclerosis. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2023;11(1):59–68. <https://doi.org/10.23888/HMJ202311159-68>.

## Введение

Когнитивные нарушения зачастую не выходят на первый план в интерпретации клинических проявлений при гемодинамически значимых стенозах брахиоцефальных артерий [1–3].

В связи с этим объективизация когнитивных нарушений на основе батарей тестов, а также их нейрофизиологических коррелятов представляет значимую задачу как ангиологии, так и неврологии [4–7]. Эндогенный вызванный потенциал P300 является часто используемым нейрофизиологическим феноменом, характеризующим психофизиологические функции восприятия, внимания, мышления.

**Цель.** Изучение динамики когнитивных функций и их нейрофизиологических коррелятов у пациентов с гемодинамически значимыми стенозами сонных артерий до и после каротидной эндартерэктомии.

## Материалы и методы

В исследование включено 60 пациентов, из них 41 мужчина и 19 женщин, средний возраст составил 66,5 лет (стандартная ошибка средней  $\pm 6,9$  лет).

На основе клинико-неврологического обследования с использованием шкалы NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale — Шкала тяжести инсульта Национальных институтов здоровья США) были выделены 2 группы пациентов: 30 пациентов без наличия очаговых неврологических расстройств («асимптомные») и 30 больных имеющих очаговые неврологических расстройства, ассоциированные с атеросклеротическим поражением сонных артерий («симптомные»).

**Критерии включения.** Для пациентов «симптомной» группы показанием для каротидной эндартерэктомии являлся стеноз внутренней сонной артерии (ВСА) от 50% (при нестабильности атеросклеротической бляшки) или 60% (при отсутствии критериев нестабильности) до 99% по методике NASCET, для пациентов же «асимптомной» группы показанием к операции являлось наличие стеноза от 70% до 99%. Контрала-

теральный стеноз внутренней сонной артерии более 70% в группе с неврологическим дефицитом имели 3 пациента (10%), а в группе без него — 2 пациента (6%).

**Критерии не включения:** Беременность или лактация, врожденные или приобретенные нарушения свертывания крови, органная трансплантация в прошлом, гепарин-индуцированная тромбоцитопения, зарегистрированный тяжелый врожденный или приобретенный иммунодефицит, предшествующая лучевая терапия в области операционного поля, тяжелое местное воспаление в области операционного поля, положительные результаты любого из следующих анализов крови: ВИЧ, сифилис, гепатит В, гепатит С; злоупотребление алкоголем или наркотиками в период до 6 месяцев, предшествующих скринингу согласно оценке исследователя на основании медицинского анамнеза, опроса в исследовательском центре и результатов скринингового анализа мочи с целью выявления запрещенных препаратов, любое системное заболевание (заболевание почек, печени, метаболическое, желудочно-кишечное, гематологическое, иммунологическое), которое исследователь считает неконтролируемым, нестабильным или способным прогрессировать до клинически значимой степени в ходе исследования, активная инфекция, зарегистрированное онкологическое заболевание.

**Критериями исключения:** острое нарушение мозгового кровообращения (инсульт или транзиторная ишемическая атака) в раннем послеоперационном периоде, отказ пациента от дальнейшего прохождения по программе исследования, выявление онкологического заболевания вне зависимости от его локализации и смерть пациента.

Верификация степени стеноза сонных артерий основывалась на данных ультразвукового дуплексного сканирования (линейный датчик 7–13 МГц, аппарат GE Vivid S5 (США) на основе критериев NASCET и в некоторых случаях для уточнения тактики лечения использовалась КТ-ангиография артерий дуги аорты (аппарат

Siemens Somatom Go Up (Германия)). Оценка морфологического субстрата повреждения головного мозга производилась с помощью магнитно-резонансной томографии (аппарат «SIEMENS MAGNETOM Symphony» мощность 1,5 Тл (Германия)).

Пациентам проводилось клиничко-неврологическое исследование с использованием шкалы NIHSS (шкала инсульта национального института здоровья).

Оценка когнитивных функций осуществлялась при помощи шкал MMSE (Mini Mental State Examination — краткая шкала оценки психического статуса), FAB (Frontal Assesment Battery — батарея лобной дисфункции), а также MoCA (Monreal Cognitive Assessment — Монреальская шкала оценки когнитивных функций).

Бальная оценка по шкале NIHSS, MMSE, FAB осуществлялась перед проведением операции и через 6 месяцев после оперативного вмешательства.

В качестве клиничко-нейрофизиологического коррелята когнитивных расстройств исследовался эндогенный вызванный потенциал P300. Регистрация когнитивного вызванного потенциала P300 осуществлялась с применением программно-аппаратного комплекса «Нейрон-Спектр-3», программного обеспечения «Нейрон-Спектр-ДВП». Регистрация

потенциала проводилась по отведениям F3, F4, C3, C4, P3, P4, Fz, Cz, Pz с референтным электродом на ушах (A1 и A2) в парадигме oddball. В качестве незначимого стимула применялся тон высотой 1000 Гц; значимого — тон высотой 2000 Гц; соотношение незначимого и значимого стимулов 70/30%. Анализировалась латентность компонентов P2, N2, P3, а также амплитуда данных компонентов (как по отношению к изолинии, так и межпиковая P2N2, N2P3).

Всем пациентам выполнялась каротидная эндартерэктомия. Методика (классическая или эверсионная) выбиралась исходя из предпочтений оперирующего хирурга, протяженности атеросклеротической бляшки на внутреннюю и общую сонные артерии, а также уровня расположения каротидной бифуркации. Критериями для установки временного внутрипросветного шунта (ВВШ) являлись данные измерения ретроградного давления во внутренней сонной артерии, критерием установки ВВШ являлось ретроградное давление в ВСА менее 45 мм рт. ст. Также в некоторых клинических ситуациях хирурги использовали внутрисосудный шунт превентивно. Виды оперативных вмешательств и ангиологический статус представлен в таблице 1.

**Таблица 1.** Общая характеристика проводимых вмешательств в группе «асимптомных» (А) пациентов и пациентов с неврологической синдромологией (Б)

Показатель	Группа А (n = 30)	Группа Б (n = 30)
Методика выполнения каротидной эндартерэктомии	Классическая — 14 (46%) Эверсионная — 16 (54%)	Классическая — 14 (46%) Эверсионная — 16 (54%)
Временное внутрисосудное шунтирование	6 (20%)	7 (23%)

У всех пациентов было стандартное анестезиологическое пособие. Премедикация включала в себя седативные, антигистаминные и м-холинолитические препараты. Интраоперационно использовалась тотальная комбинированная анестезия с использованием фентанила, ингаляционного анестетика (оксида азота), кислорода.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи пакета про-

грамм Statistica 10.0 Ru. Описательная статистика включала медиану (Me), нижний и верхний квартиль (LQ, UQ). Сравнение количественных данных осуществлялось при помощи статистического критерия Манна–Уитни (представлен нормализованный показатель — Z), для качественных данных применялись таблицы сопряжения 2 × 2, критерий  $\chi^2$ , статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ .

Для выделения подгрупп пациентов использовался метод кластерного анализа (к-средних) с идентификацией элементов, входящих в кластеры.

Осуществлялось создание моделей логит-регрессионного анализа; использовался критерий Хука–Дживиса; метод максимального правдоподобия; оценивалось общее качество модели, так и значимость отдельных переменных с оценкой отношения шансов (ОШ).

Всем пациентами было подписано информированное согласие, исследование одобрено ЛЭК РязГМУ (Протокол № 1 от 12.09.2022).

### Результаты

В таблице 2 представлены показатели связанного с событиями потенциала P300 в группах пациентов с различной выраженностью неврологических расстройств.

**Таблица 2.** Показатели потенциала P300 в группах асимптомных пациентов (группа А) и пациентов с очаговой неврологической симптоматикой (группа Б)

Показатели	Группа А	Группа Б	Z	p
	Me; LQ; UQ	Me; LQ; UQ		
Амплитуда потенциала P200 F3 (до операции), мкВ	2,8; 2,0; 5,5	1,1; 0,4; 1,8	-2,7	0,006
Количество ошибок (преждевременные реакции) (до операции)	0,5; 0,0; 1,0	2,0; 0,0; 3,0	1,7	0,048
Латентность потенциала P200 Fz (после операции), мс	184; 171; 202	194; 176; 203	2,3	0,022

Как следует из таблицы в группе пациентов с наличием неврологических расстройств определяется достоверно большее число ошибок (преждевременных реакций), а также снижение амплитуды и увеличение латентности компонента P2 когнитивного вызванного потенциала P300.

На основе показателей связанного с событиями потенциала P300 была создана модель логит-регрессии, позволяющая классифицировать пациентов в вышеописанные группы. Характеристики модели приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Характеристика модели логит-регрессионного анализа для распределения пациентов в группе А и группе Б на основе показателей потенциала P300

Показатели	Группа А	Группа Б	p	Отношение шансов
	Me; LQ; UQ	Me; LQ; UQ		
Свободный член	-0,32	4,0	0,047	0,72
Амплитуда потенциала P200 F3 (до операции), мкВ	0,46	4,0	0,045	1,5
Количество ошибок (преждевременные реакции) (до операции)	-0,78	4,0	0,044	0,5

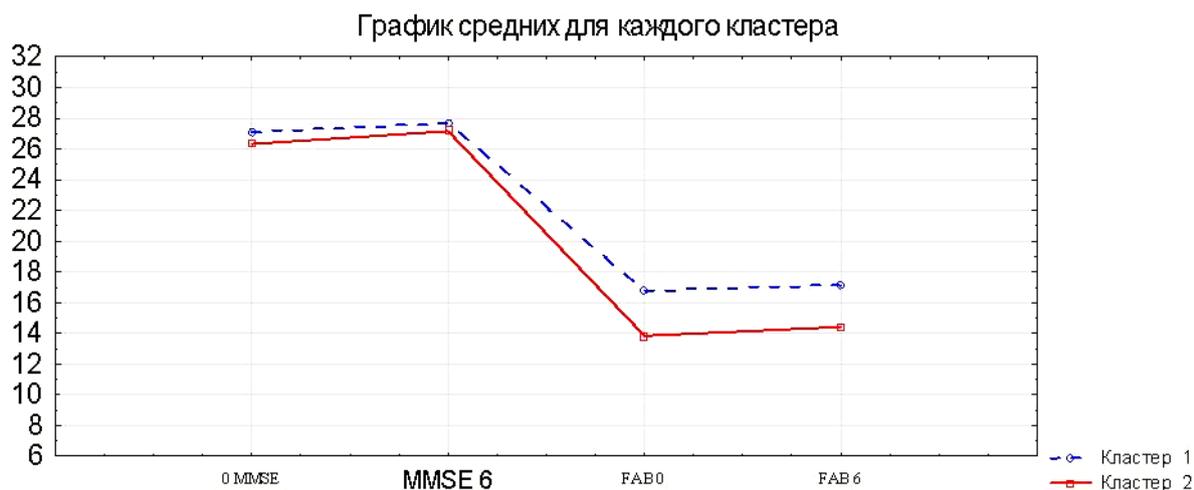
Использована функция потерь: максимальное правдоподобие; в полученной модели характеристика  $\chi^2 = 12,7$ ,  $p = 0,002$ ;

процент верных распределений 78%: число верных распределений в группу асимптомные 68%, в группу симптомных па-

циентов 88%; порог классификации в модели 0,5 (при значении менее 0,5 — пациент с наличием очаговой неврологической симптоматики, при значении более 0,5 — асимптомный пациент).

В психофизиологии и клинической неврологии эндогенный вызванный потенциал P300 ассоциирован с когнитив-

ными процессами: восприятие, память, принятие решения. В связи с этим была проведена оценка когнитивных функций у пациентов (по динамике MMSE; FAB) и на основе динамики когнитивных функций до и после операции были выделены подгруппы пациентов методом кластерного анализа (рис. 1).



**Рис. 1.** Кластеры пациентов, выделенные на основе динамики показателей MMSE и FAB перед операцией и через 6 месяцев после операции.

Как следует из рисунка кластер 1 характеризовался исходно более высоким уровнем выполнения тестов и незначительным нарастанием данного показателя после операции; кластер 2 — более низким уровнем данных показателей, причём наибольшие различия выявлены по характеристикам батареи лобной дисфункции (FAB).

В кластере 1 процент симптомных пациентов составил 45%, асимптомных 55%, в кластере 2 — 58% и 32% соответственно, достоверных различий не выявлено ( $\chi^2 = 0,58$ ;  $p = 0,445$ ).

Нами был проведён анализ различий показателей когнитивного потенциала P300 в выделенных кластерах (табл. 4).

**Таблица 4.** Показатели потенциала P300 в исследуемых группах

Показатели	Кластер 1	Кластер 2	Z	p
	Me; LQ; UQ	Me; LQ; UQ		
Амплитуда P300 P4 (после операции)	2,8;1,0;4,5	0,8;0,3;1,7	1,9	0,043
Амплитуда N2 Fz (после операции)	3,8; 3,1;5,8	1,4;1,3;1,5	2,1	0,033
Амплитуда P3 Fz (после операции)	3,1;2,4;5,7	0,9; 0,5; 1,8	2,0	0,038

Достоверные различия по уровню P300 обнаружены только после операции: что указывает на значимость сохранного когнитивного статуса (когнитивный ре-

зерв) и ставит вопрос о возможности применения данного показателя (P300) в качестве предиктора.

## Обсуждение

В результате исследования обнаружены достоверные различия показателей когнитивного вызванного потенциала как в группе пациентов с преобладанием очаговой неврологической синдромологии (первично выделенная группа Б), так и в группе пациентов с более выраженными когнитивными нарушениями (вторично выделенный кластер 2). Важно, что по результатам проведённых когнитивных тестов группа пациентов оказалась гетерогенной, при этом полного совпадения в группах асимптомных и симптомных пациентов выявлено не было, что соответствует данным литературы [8–10].

Следует отметить, что компонент Р2 в большей степени ассоциирован с восприятием физической модальности слухового стимула в ассоциативных зонах коры, в то время как компоненты N2 и Р3 отражают феномены опознания стимула и принятия решения в отношении него. В связи с этим снижение активации ассоциативной зоны коры у пациентов с более выраженными когнитивными нарушениями представляется закономерным [11–13].

Открытым остаётся вопрос о роли когнитивного вызванного потенциала в качестве предиктора когнитивных нарушений: показано, что в группе пациентов с более выраженными когнитивными

расстройствами достоверное снижение амплитуды потенциала Р300 определяется только через 6 месяцев после операции. В этой связи могут обсуждаться сохраняющиеся вторичные нейродегенеративные изменения корковых структур и нарушения капиллярно-трофической функции, манифестирующие на фоне восстановления кровотока по магистральным артериям [14–16].

## Заключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что при гемодинамически значимых стенозах сонных артерий феномен когнитивных нарушений не является ассоциированным только с очаговой неврологической синдромологией. В качестве объективного нейрофизиологического критерия когнитивных нарушений у пациентов с атеросклеротическим поражением сонных артерий может выступать эндогенный вызванный потенциал Р300, при этом наибольшие различия между нейрофизиологическими коррелятами когнитивных расстройств (снижение амплитуды компонентов N2 и Р3 Р300 при более выраженных когнитивных нарушениях) определяются у пациентов с гемодинамически значимыми каротидными стенозами через 6 месяцев после операции.

## Список источников

1. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis // JAMA. 1995. Vol. 273, No. 18. P. 1421–1428.
2. Halliday A., Mansfield A., Marro J., et al. Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomised controlled trial // Lancet. 2004. Vol. 363, No. 9420. P. 1491–1502. doi: [10.1016/S0140-6736\(04\)16146-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)16146-1)
3. Naylor A., Rantner B., Ancetti S., et al. Editor's Choice — European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. 2023. Vol. 65, No. 1. P. 7–111. doi: [10.1016/j.ejvs.2022.04.011](https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011)
4. Яхно Н.Н., Федорова Т.С., Дамулин И.В., и др. Влияние каротидной эндартерэктомии на динамику когнитивных нарушений у пациентов с атеросклеротическим стенозом сонных артерий // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011. Т. 111, № 3. С. 31–37.
5. Белов Ю.В., Медведева Л.А., Загоруйко О.И., и др. Когнитивные расстройства в раннем и отдаленном периодах у пациентов после каротидной эндартерэктомии // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2018. № 12. С. 5–12. doi: [10.17116/hirurgia20181215](https://doi.org/10.17116/hirurgia20181215)
6. Бабаян Г.Б., Зорин Р.А., Пшенников А.С., и др. 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](https://doi.org/10.23888/HMJ201974533-540)
7. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Пшенников А.С., и др. Динамика изменения когнитивных функций

- у пациентов, перенесших вмешательства на каротидном бассейне // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2022. Т. 30, № 2. С. 261–270. doi: [10.17816/PAVLOVJ100037](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ100037)
8. Ferguson G.G., Eliasziw M., Barr H.W., et al. The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial: surgical results in 1415 patients // *Stroke*. 1999. Vol. 30, No. 9. P. 1751–1758. doi: [10.1161/01.str.30.9.1751](https://doi.org/10.1161/01.str.30.9.1751)
  9. Watanabe J., Ogata T., Hamada O., et al. Improvement of cognitive function after carotid endarterectomy — a new strategy for the evaluation of cognitive function // *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2014. Vol. 23, No. 6. P. 1332–1336. doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.11.004](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.11.004)
  10. Czerny M., Schuch P., Sodeck G., et al. Sustained cognitive benefit 5 years after carotid endarterectomy // *Journal of Vascular Surgery*. 2010. Vol. 51, No. 5. P. 1139–1144. doi: [10.1016/j.jvs.2009.11.072](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.11.072)
  11. Белов Ю.В., Медведева Л.А., Загорулько О.И., и др. Валидность тестовых шкал для нейрокогнитивного и психоэмоционального тестирования у пациентов с хирургической патологией прецеребральных артерий // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2017. № 5. С. 67–75. doi: [10.17116/hirurgia2017567-75](https://doi.org/10.17116/hirurgia2017567-75)
  12. Shi G.-M., Jiang T., Zhang H., et al. Carotid Endarterectomy and Carotid Artery Stenting Lead to Improved Cognitive Performance in Patients with Severe Carotid Artery Stenosis // *Current Neurovascular Research*. 2016. Vol. 13, No. 1. P. 45–49. doi: [10.2174/1567202613666151116143757](https://doi.org/10.2174/1567202613666151116143757)
  13. Huang P., He X.-Y., Xu M. Effects of Carotid Artery Stent and Carotid Endarterectomy on Cognitive Function in Patients with Carotid Stenosis // *BioMed Research International*. 2020. Vol. 2020. P. 6634537. doi: [10.1155/2020/6634537](https://doi.org/10.1155/2020/6634537)
  14. Sridharan N.D., Asaadi S., Thirumala P.D., et al. A systematic review of cognitive function after carotid endarterectomy in asymptomatic patients // *Journal of Vascular Surgery*. 2022. Vol. 75, No. 6. P. 2074–2085. doi: [10.1016/j.jvs.2021.12.059](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.12.059)
  15. Whooley J.L., David B.C., Woo H.H., et al. Carotid Revascularization and Its Effect on Cognitive Function: A Prospective Nonrandomized Multicenter Clinical Study // *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2020. Vol. 29, No. 5. P. 104702. doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104702](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104702)
  16. Kügler C.F., Vlajic P., Funk H., et al. The event-related P300 potential approach to cognitive functions of nondemented patients with cerebral and peripheral arteriosclerosis // *Journal of the American Geriatrics Society*. 1995. Vol. 43, No. 11. P. 1228–1236. doi: [10.1111/j.1532-5415.1995.tb07398.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07398.x)

## References

1. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA*. 1995;273(18):1421–8.
2. Halliday A, Mansfield A, Marro J, et al. Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomised controlled trial. *Lancet*. 2004;363(9420):1491–502. doi: [10.1016/S0140-6736\(04\)16146-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)16146-1)
3. Naylor A, Rantner B, Ancetti S, et al. Editor's Choice — European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2023;65(1):7–111. doi: [10.1016/j.ejvs.2022.04.011](https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011)
4. Iakhno NN, Fedorova TS, Damulin IV, et al. The effect of carotid endarterectomy on cognitive disturbances in patients with atherosclerotic stenosis of carotid arteries. *Zhurnal Nevrologii i Psikhatrii imeni S.S. Korsakova*. 2011;111(3):31–7. (In Russ).
5. Belov IuV, Medvedeva LA, Zagorulko OI, et al. Early and long-term cognitive disorders after carotid endarterectomy. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2018;(12):5–12. (In Russ). doi: [10.17116/hirurgia20181215](https://doi.org/10.17116/hirurgia20181215)
6. Babayan GB, Zorin RA, Pshennikov AS, et al. Predictors of neurological deficits in patients with hemodynamically significant stenosis of carotid and vertebral arteries. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2019;7(4):533–40. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ201974533-540](https://doi.org/10.23888/HMJ201974533-540)
7. Kalinin RE, Suchkov IA, Pshennikov AS, et al. Dynamics of the Alterations of Cognitive Functions in Patients with Past Interventions on the Carotid System. *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2022;30(2):261–70. (In Russ). doi: [10.17816/PAVLOVJ100037](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ100037)
8. Ferguson GG, Eliasziw M, Barr HW, et al. The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial: surgical results in 1415 patients. *Stroke*. 1999;30(9):1751–8. doi: [10.1161/01.str.30.9.1751](https://doi.org/10.1161/01.str.30.9.1751)
9. Watanabe J, Ogata T, Hamada O, et al. Improvement of cognitive function after carotid endarterectomy — a new strategy for the evaluation of cognitive function. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2014;23(6):1332–6. doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.11.004](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.11.004)
10. Czerny M, Schuch P, Sodeck G, et al. Sustained cognitive benefit 5 years after carotid endarterectomy. *Journal of Vascular Surgery*. 2010;51(5):1139–44. doi: [10.1016/j.jvs.2009.11.072](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.11.072)
11. Belov IuV, Medvedeva LA, Zagorulko OI, et al. Validity of test scales for neurocognitive and psychoemotional testing in patients with surgical

- pathology of precerebral arteries. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2017;(5)67–75. (In Russ). doi: [10.17116/hirurgia2017567-75](https://doi.org/10.17116/hirurgia2017567-75)
12. Shi G–M, Jiang T, Zhang H, et al. Carotid Endarterectomy and Carotid Artery Stenting Lead to Improved Cognitive Performance in Patients with Severe Carotid Artery Stenosis. *Current Neurovascular Research*. 2016;13(1):45–9. doi: [10.2174/1567202613666151116143757](https://doi.org/10.2174/1567202613666151116143757)
13. Huang P, He XY, Xu M. Effects of Carotid Artery Stent and Carotid Endarterectomy on Cognitive Function in Patients with Carotid Stenosis. *BioMed Research International*. 2020;2020:6634537. doi: [10.1155/2020/6634537](https://doi.org/10.1155/2020/6634537)
14. Sridharan ND, Asaadi S, Thirumala PD, et al. A systematic review of cognitive function after carotid endarterectomy in asymptomatic patients. *Journal of Vascular Surgery*. 2022;75(6):2074–85. doi: [10.1016/j.jvs.2021.12.059](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.12.059)
15. Whooley JL, David BC, Woo HH, et al. Carotid Revascularization and Its Effect on Cognitive Function: A Prospective Nonrandomized Multi-center Clinical Study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2020;29(5):104702. doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104702](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104702)
16. Kügler CF, Vlajic P, Funk H. The event-related P300 potential approach to cognitive functions of nondemented patients with cerebral and peripheral arteriosclerosis. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1995;43(11):1228–36. doi: [10.1111/j.1532-5415.1995.tb07398.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07398.x)

## Дополнительная информация

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках Гранта Президента РФ № МД-922.2022.3.

**Этика.** Использованы данные пациента в соответствии с письменным информированным согласием.

### Информация об авторах:

✉ *Соляник Никита Андреевич* — аспирант кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной хирургии и лучевой диагностики, SPIN: 3258-5210, <https://orcid.org/0000-0002-4667-3513>, e-mail: [solianik.nikita@gmail.com](mailto:solianik.nikita@gmail.com)

*Пишеников Александр Сергеевич* — д.м.н., доцент, профессор кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной хирургии и лучевой диагностики, SPIN: 3962-7057, <https://orcid.org/0000-0002-1687-332X>, e-mail: [pshennikov1610@rambler.ru](mailto:pshennikov1610@rambler.ru)

*Зорин Роман Александрович* — д.м.н., доцент, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии, SPIN: 5210-5747, <https://orcid.org/0000-0003-4310-8786>, e-mail: [zorin.ra30091980@mail.ru](mailto:zorin.ra30091980@mail.ru)

*Жаднов Владимир Алексеевич* — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой неврологии и нейрохирургии, SPIN: 1632-5083, <https://orcid.org/0000-0002-5973-1196>, e-mail: [vladimir.zhadnov@mail.ru](mailto:vladimir.zhadnov@mail.ru)

*Буришинов Александр Олегович* — д.м.н., профессор, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии, SPIN: 8792-9686, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6951-0290>, e-mail: [baomz@mail.ru](mailto:baomz@mail.ru)

*Леонов Геннадий Александрович* — д.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии, SPIN: 5115-3996, <https://orcid.org/0000-0001-5780-1675>, e-mail: [genady-leonov@yandex.ru](mailto:genady-leonov@yandex.ru)

*Евдокимова Ольга Владимировна* — к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии, SPIN: 5236-3983, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7075-8410>, e-mail: [edokimova72@mail.ru](mailto:edokimova72@mail.ru)

### Вклад авторов:

*Соляник Н. А.* — сбор материала, обработка, написание текста, редактирование.

*Пишеников А. С.* — сбор материала, обработка, написание текста, редактирование.

*Зорин Р. А.* — сбор материала, обработка, написание текста, редактирование.

*Жаднов В. А.* — обработка, редактирование.

*Буришинов А. О.* — обработка, редактирование.

**Funding.** The study was carried out within the framework of the Grant of the President of the Russian Federation No. MD-922.2022.3.

**Ethics.** The data is used in accordance with the informed consent of patient.

### Information about the authors:

✉ *Nikita A. Solyanik* — Postgraduate Student of the Department of Cardiovascular, X-ray Endovascular Surgery and Radiation Diagnostics, SPIN: 3258-5210, <https://orcid.org/0000-0002-4667-3513>, e-mail: [solianik.nikita@gmail.com](mailto:solianik.nikita@gmail.com)

*Aleksandr S. Pshennikov* — MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Cardiovascular, X-ray Endovascular Surgery and Radiation Diagnostics, SPIN: 3962-7057, <https://orcid.org/0000-0002-1687-332X>, e-mail: [pshennikov1610@rambler.ru](mailto:pshennikov1610@rambler.ru)

*Roman A. Zorin* — MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Departments of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 5210-5747, <https://orcid.org/0000-0003-4310-8786>, e-mail: [zorin.ra30091980@mail.ru](mailto:zorin.ra30091980@mail.ru)

*Vladimir A. Zhadnov* — MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Departments of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 1632-5083, <https://orcid.org/0000-0002-5973-1196>, e-mail: [vladimir.zhadnov@mail.ru](mailto:vladimir.zhadnov@mail.ru)

*Aleksandr O. Burshinov* — MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 8792-9686, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6951-0290>, e-mail: [baomz@mail.ru](mailto:baomz@mail.ru)

*Gennadiy A. Leonov* — MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of the Departments of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 5115-3996, <https://orcid.org/0000-0001-5780-1675>, e-mail: [genady-leonov@yandex.ru](mailto:genady-leonov@yandex.ru)

*Ol'ga V. Evdokimova* — MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 5236-3983, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7075-8410>, e-mail: [edokimova72@mail.ru](mailto:edokimova72@mail.ru)

### Contribution of the authors:

*Solyanik N. A.* — collecting material, processing, writing text, editing.

*Pshennikov A. S.* — collecting material, processing, writing text, editing.

*Zorin R. A.* — collecting material, processing, writing text, editing.

*Zhadnov V. A.* — processing, editing.

*Burshinov A. O.* — processing, editing.

*Леонов Г. А.* — обработка, редактирование.

*Евдокимова О. В.* — обработка, редактирование.

Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи — все соавторы.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Leonov G. A.* — processing, editing.

*Evdokimova O. V.* — processing, editing.

Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article all authors.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.