

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОГНИТИВНОГО СТАТУСА КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ЕГО ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Разумникова О.М.<sup>1</sup>,  
Тарасова И.В.<sup>2</sup>,  
Трубникова О.А.<sup>2</sup>,  
Барбараш О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, Россия)

<sup>2</sup> ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, г. Кемерово, Сосновый б-р, 6, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Ирина Валерьевна Тарасова,**  
e-mail: iriz78@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** определить информационную ценность психометрических показателей, используемых для комплексной оценки когнитивного статуса у пациентов, перенёвших кардиохирургические вмешательства, и поиск тех из них, которые помогли бы дифференцировать индивидуальную склонность к послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД).

**Материалы и методы.** Методами кластеризации проанализированы данные расширенного психометрического тестирования 256 кардиохирургических пациентов, проведённого за 3–5 дней до и на 7–10-е сутки после операции с применением программного психофизиологического комплекса «Status PF».

**Результаты.** Кластерный анализ позволил установить, что для скрининговой оценки риска ПОКД наиболее информативным является тестирование скорости реакции на зрительно предъявленные стимулы с обратной связью изменения экспозиции этих стимулов согласно индивидуальной скорости ответов и тестирование запоминания слов. Выделена «нестабильная» группа согласно кластерному составу группа, которая при анализе послеоперационных психометрических показателей характеризовались ухудшением вербальной памяти и ослаблением отмеченного в общей «стабильной» группе ускорения времени реакции на зрительные стимулы.

**Заключение.** Использованные методы кластеризации позволили выделить на этапе подготовки к кардиохирургическому вмешательству тех пациентов с ИБС, которые обладают меньшими когнитивными резервами для восстановления после операции. Изменения взаимосвязи показателей сложной зрительно-моторной реакции, внимания и памяти в зависимости от принадлежности к выделенным кластерам дают основание предположить, что предоперационный период характеризуется дедифференциацией когнитивных функций, указывающей на состояние когнитивного дефицита.

**Ключевые слова:** когнитивные функции, кластеризация, послеоперационная когнитивная дисфункция, кардиохирургические вмешательства

Статья получена: 23.07.2021

Статья принята: 19.01.2022

Статья опубликована: 21.03.2022

**Для цитирования:** Разумникова О.М., Тарасова И.В., Трубникова О.А., Барбараш О.Л. Кластеризация показателей когнитивного статуса кардиохирургических пациентов для оценки риска его послеоперационных изменений. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(1): 129-138. doi: 10.29413/ABS.2022-7.1.15

## CLUSTERING OF INDICATORS OF THE COGNITIVE STATUS IN CARDIAC SURGERY PATIENTS TO ASSESS THE RISK OF POSTOPERATIVE DECLINE

Razumnikova O.M.<sup>1</sup>,  
Tarasova I.V.<sup>2</sup>,  
Trubnikova O.A.<sup>2</sup>,  
Barbarash O.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University (Karla Marksa prospect 20, Novosibirsk 630073, Russian Federation)

<sup>2</sup> Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (Sosnoviy blvd 6, Kemerovo 650002, Russian Federation)

Corresponding author:  
Irina V. Tarasova,  
e-mail: iriz78@mail.ru

### ABSTRACT

**The aim of the study.** To determine the informational value of psychometric indicators used for the integral assessment of cognitive status in cardiac patients, and to find those that would help differentiate the individual sensibility to postoperative cognitive dysfunction (POCD).

**Materials and methods.** The clustering methods were analyzed the extended psychometric testing data in 256 cardiac surgery patients. The psychometric testing carried out 3–5 days before and on days 7–10 after surgery using the psychophysiological complex program “Status PF”.

**Results.** The cluster-analysis revealed that the most informative tests for a screening risk assessment of POCD are the testing the speed of response to visual stimuli with feedback of changes in the stimuli exposition according to the individual reaction time and the testing short-term memory (memorized words). While the analysis of postoperative psychometric indicators, the patients in a modified clustering group were characterized by a deterioration of verbal memory and a decrease of the time reaction to visual stimuli whereas that its observed acceleration in the general “stable” group.

**Conclusion.** The clustering methods enabled the identification of cardiac surgery patients in the preoperative stage who had less cognitive reserve for recovery after surgery. The changes in the relationship of complex visual and motor response, attention, and memory indicators, which depended on the belonging to the identified clusters, suggest that the preoperative period is characterized by the dedifferentiation of cognitive functions indicating a cognitive deficit.

**Key words:** cognitive functions, clustering, postoperative cognitive dysfunction, cardiac surgery

Received: 23.07.2021  
Accepted: 19.01.2022  
Published: 21.03.2022

**For citation:** Razumnikova O.M., Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Barbarash O.L. Clustering of indicators of the cognitive status in cardiac surgery patients to assess the risk of postoperative decline. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(1): 129-138. doi: 10.29413/ABS.2022-7.1.15

## ВВЕДЕНИЕ

Широкое распространение сердечно-сосудистых заболеваний и применение операций с искусственным кровообращением для их лечения вызывает неослабевающий интерес к предоперационному состоянию когнитивного статуса пациентов и его изменению в послеоперационный период. Несколько выполненных в последнее время работ, посвящённых метаанализу результатов исследований когнитивных функций кардиохирургических пациентов, свидетельствуют о послеоперационном росте когнитивного дефицита и увеличении риска развития деменции [1–3]. Однако нет пока единого мнения о том, какие когнитивные показатели являются наиболее информативными предикторами послеоперационного когнитивного дефицита (ПОКД) и как они соотносятся с другими факторами риска развития ишемической болезни сердца (ИБС) (например, ожирение, гиперхолестеринемия, низкая физическая активность, гипертония или курение). Известны доказательства как взаимосвязи ИБС и когнитивных нарушений [4–8], так и их отсутствия [9]. Доказательства взаимосвязи основываются на представлениях о том, что факторы, определяющие здоровье сердечно-сосудистой системы, связаны с вариациями целостности и морфологического разнообразия разветвлённого артериального русла головного мозга. Нарушения оптимального состояния сердечно-сосудистой системы изменяют структуру и целостность сосудистой системы и ткани мозга, что, в конечном счёте, отражается дисфункцией нейронных сетей при реализации когнитивной деятельности [10]. В свою очередь факты отсутствия прямой ассоциации ИБС и когнитивного дефицита, по-видимому, обусловлены целым комплексом взаимодействия биологических и социальных факторов, в первую очередь таких как возраст, уровень образования и степень когнитивной и физической нагрузки [9, 11–13].

Результаты ранее выполненного исследования показали, что комплексная оценка когнитивного статуса пациентов с ИБС оказывается зависима не только от фракции выброса левого желудочка и концентрации триглицеридов в плазме крови, но и от возраста, и уровня образования [4]. Для этой оценки использовали интегральный, нормированный по отношению к здоровым лицам показатель, составленный на основе анализа 13 переменных, включающих эффективность выполнения сложных зрительно-моторных заданий и результатов тестирования функций внимания и памяти. В других работах наличие ПОКД определялось по арбитражному критерию «20 на 20» (наличие снижения на 20 % в 20 % показателей из выбранной тестовой батареи) и было установлено у 57 % пациентов через 1 год после коронарного шунтирования (КШ) и у 47 % – при обследовании через 5–6 лет после операции. При этом у пациентов с ИБС были отмечены цереброваскулярные осложнения (прогрессирование лейкоареоза, увеличение числа пациентов с кистами и глиозом), а также положительная связь между показателями когнитивного

статуса и самооценкой физического компонента качества жизни [7, 8].

Вследствие достаточно большой трудоёмкости комплексной оценки когнитивного статуса пациентов при требуемом сокращении времени их пребывания в стационаре **целью** настоящей работы стало определение информационной ценности использованных показателей и поиск тех из них, которые помогли бы дифференцировать индивидуальную склонность к ПОКД.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании приняли участие 256 кардиохирургических пациентов (из них 15 женщин; средний возраст мужчин –  $58 \pm 6,9$  года, женщин –  $64 \pm 8,0$  лет), перенёвших либо изолированное коронарное шунтирование (КШ), либо КШ в сочетании с каротидной эндартерэктомией (КЭЭ), отобранных на этапе предоперационной подготовки в отделениях клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний». Исследование получило одобрение этического комитета учреждения, все участники подписали добровольное информированное согласие. В исследование не включались лица старше 75 лет, имеющие тяжёлую коморбидную патологию (онкозаболевания, дыхательная, почечная и печёночная недостаточность, жизнеугрожающие аритмии), злоупотребляющие психоактивными веществами, с подтвержденными по данным нейropsychологического скрининга деменцией и депрессией. Пациенты, несогласные на продолжение исследования в послеоперационном периоде, исключались из него. Предоперационные клинико-анамнестические показатели исследованной выборки представлены в таблице 1.

Комплексная оценка когнитивного статуса проводилась за 3–5 дней до и на 7–10-е сутки после операции с применением программного психофизиологического комплекса «Status PF» [4] (табл. 2).

Статистический анализ выполняли с использованием пакета программ Statistica 13.3 (StatSoft Inc., США; SN: JPZ912J057923CNET2ACD-K), применялись методы описательной статистики, корреляционного анализа, однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), непараметрические методы Манна – Уитни и Вилкоксона, а также кластеризации переменных (методы Уорда и К-средних).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ выполняли с использованием данных 256 пациентов до операции и 217 человек – в послеоперационном периоде. На первом этапе анализа использовали нормализованные показатели возраста и двух групп психометрических параметров, зарегистрированных до и после операции. Вычислительные эксперименты показали, что лучшее выделение кластеров возможно с при-

**ТАБЛИЦА 1**  
**КЛИНИКО-АНАМНЕСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАЦИЕНТОВ, ПЛАНИРУЕМЫХ НА КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА**  
**TABLE 1**  
**CLINICAL AND ANAMNESTIC CHARACTERISTICS OF PATIENTS SCHEDULED FOR CARDIAC SURGERY**

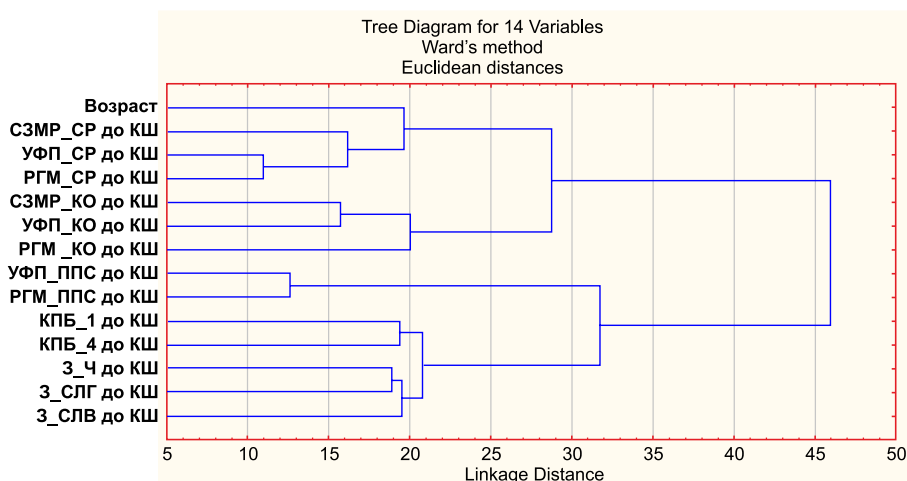
Показатели	Пациенты (n = 256)
Возраст (годы), M ± SD	58,3 ± 7,06
Мужчины/женщины	241/15
Уровень образования, n (%)	
среднее и средне-специальное	189 (74)
высшее	67 (26)
Индекс массы тела, M ± SD	28,9 ± 6,12
Фракция выброса левого желудочка	54,4 ± 12,27
Функциональный класс (ФК) стенокардии, n (%)	
0-I	38 (15)
II	146 (57)
III	72 (28)
ХСН (ФК по NYHA), n (%)	
0-I	25 (10)
II	161 (63)
III	70 (27)
Постинфарктный кардиосклероз, n (%)	200 (78)
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	56 (22)
Стенозы сонных артерий, n (%)	
нет	138 (54)
менее 50 %	82 (32)
более 50 %	36 (14)
Анамнез острых нарушений мозгового кровообращения, n (%)	23 (9)

менением метода Уорда. Два сформированных кластера для дооперационного (ДО) и послеоперационного (ПО) периодов не отличались принципиально по своей структуре (рис. 1): возраст вместе со скоростными характеристиками селекции информации входил в один кластер, а показатели устойчивости внимания и памяти – в другой. Наиболее тесно с возрастом в период ДО была связана группа параметров скорости реакции в разных экспериментальных условиях селекции зрительной информации (рис. 1а), а в период ПО (рис. 1б) дополнительно к этим переменным в группу входил показатель ошибок при выборе одного из трёх зрительно предъявляемых сигналов.

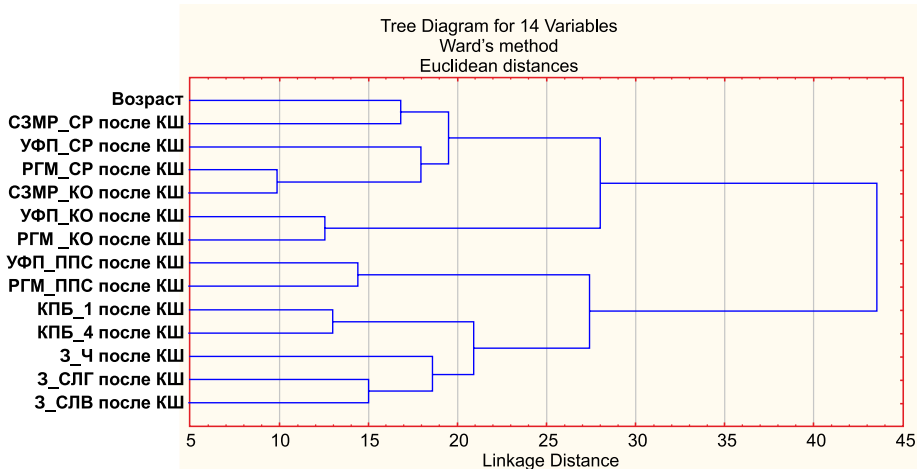
**ТАБЛИЦА 2**  
**ПЕРЕЧЕНЬ ПСИХОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОГНИТИВНОГО СТАТУСА КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ**  
**TABLE 2**  
**THE LIST OF PSYCHOMETRIC INDICATORS OF THE COGNITIVE STATUS IN CARDIAC SURGERY PATIENTS**

Наименование показателя	Обозначение
<i>Зрительно-моторная реакция выбора</i>	
Скорость реакции	СЗМР_СР
Количество ошибок	СЗМР_КО
<i>Уровень функциональной подвижности нервных процессов</i>	
Скорость реакции (с обратной связью экспозиции стимулов согласно скорости ответов)	УФП_СР
Количество ошибок	УФП_КО
Количество пропущенных положительных сигналов	УФП_ППС
<i>Работоспособность головного мозга</i>	
Скорость реакции (с обратной связью экспозиции стимулов согласно правильным ответам)	РГМ_СР
Количество ошибок	РГМ_КО
Количество пропущенных положительных сигналов	РГМ_ППС
<i>Корректирующая проба Бурдона</i>	
Количество обработанных символов за 1 мин теста (вработываемость)	КПБ_1
Количество обработанных символов за 4 мин теста (истощаемость)	КПБ_4
<i>Кратковременная память</i>	
Количество запомненных чисел	З_Ч
Количество запомненных слогов	З_СЛГ
Количество запомненных слов	З_СЛВ

На следующем этапе статистического анализа использовали кластеризацию нормализованных показателей возраста и психометрических переменных, зарегистрированных в каждом из двух исследованных периодов методом К-средних. Учитывая результаты иерархической кластеризации, для вычислений были выбраны 2 кластера. Анализ состава сформированных кластеров при сравнении до- и послеоперационных периодов показал, что 145 пациентов устойчиво относятся к двум выделенным группам (58 – в кластере 1 и 87 – в кластере 2), тогда как 45 человек в послеоперационный период меняли свою принадлежность к кластерам: 27 человек (возраст – 58,2 ± 5,4 года) перешли из кластера 1



**а**



**б**

**РИС. 1.**

Результаты иерархического кластерного анализа показателей когнитивного статуса пациентов до (а) и после операции коронарного шунтирования (б)

**FIG. 1.**

Results of hierarchical cluster analysis of the cognitive status indicators in patients before (a) and after coronary artery bypass grafting (б)

в 2, а 18 человек (возраст –  $56,9 \pm 5,8$  года) – наоборот: из кластера 2 в 1.

Для сравнительного анализа непреобразованных психометрических показателей и возраста в выделенных «устойчивых» кластерах использовали однофакторный ANOVA. Его результаты при сравнении показателей в кластерах (эффект указан значениями  $F$  и  $p$ ) и в состояниях до и после операции (статистически значимые различия между состояниями помечены значками \* для кластера 1 и # – для кластера 2) приведены в таблице 3.

Согласно обнаруженным значимым эффектам, два «устойчивых» кластера различались, во-первых, возрастом: представители кластера 1 были старше, чем в кластере 2. Неинформативными как для дифференциации кластеров, так и для до- и послеоперационного состояния оказались переменные СЗМР\_КО, РГМ\_СР и 3\_СЛГ. Вне зависимости от принадлежности к кластерам 1 или 2, пациенты в послеоперационный период продемонстрировали улучшение скоростных характеристик сен-

сомоторной реакции (СЗМР\_СР и УФП\_СР) и устойчивости селекции информации (КПБ\_4) (см. табл. 2 и рис. 1). Спецификой послеоперационного состояния пациентов, относящихся к кластеру 2, оказались противоречивые эффекты сложной зрительно-моторной реакции: снижение количества пропущенных стимулов (УФП\_ППС и РГМ\_ППС) при росте ошибок реакции на зрительные стимулы (УФП\_КО и РГМ\_КО).

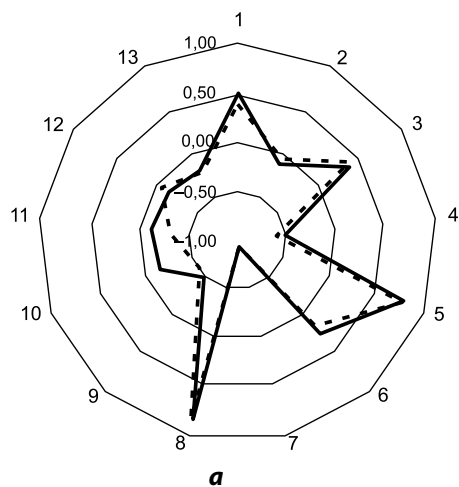
Корреляционный анализ показателей когнитивных функций, измеренных до и после операции, выполненный для каждого кластера, выявил существенно большее число статистически значимых связей в кластере 1, чем кластере 2: соответственно, 50 и 22. Кроме того, отличием пациентов кластера 1 является негативная связь возраста и с показателями вербальной памяти, и с количеством пропущенных стимулов (РГМ\_ППС) ( $-0,34 < r < -0,33$ ;  $p < 0,01$ ), которые в кластере 2 не были статистически значимыми. В зависимости от принадлежности к кластеру 1 или 2 показатель возраста был положительно связан с временем реак-

**ТАБЛИЦА 3**  
**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ПСИХОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ДВУХ КЛАСТЕРАХ, СФОРМИРОВАННЫХ ДЛЯ ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДОВ, СОХРАНЯЮЩИХ СВОЙ СОСТАВ**

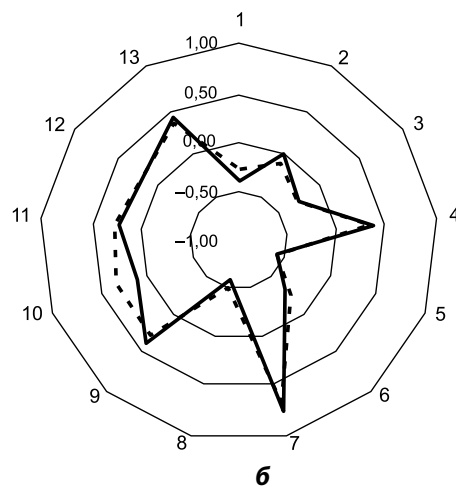
**TABLE 3**  
**FEATURES OF PSYCHOMETRIC INDICATORS CHANGES IN TWO CLUSTERS FORMED FOR THE PRE- AND POSTOPERATIVE PERIODS THAT MAINTAINED THE COMPOSITION**

Переменная	Эффект до		Эффект после		Значения до		Значения после	
	F	p	F	p	Кластер 1	Кластер2	Кластер 1	Кластер2
Возраст	5,01	0,027	5,01	0,027	60,4 ± 0,7	57,6 ± 0,6	60,4 ± 0,7	57,6 ± 0,6
СЗМР_СР	40,09	0,000	16,3	0,000	662 ± 12*	563 ± 10 <sup>#</sup>	577 ± 12*	517 ± 9 <sup>#</sup>
СЗМР_КО	0,39	0,53	0,30	0,59	1,8 ± 0,3	2,1 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,2
УФП_СР	29,0	0,000	31,7	0,000	483 ± 5*	445 ± 4 <sup>#</sup>	472 ± 6*	430 ± 5 <sup>#</sup>
УФП_КО	51,8	0,000	66,30	0,000	20,4 ± 0,6	26,4 ± 0,5 <sup>#</sup>	21,1 ± 0,7	28,2 ± 0,6 <sup>#</sup>
УФП_ППС	92,6	0,000	146,3	0,000	23,8 ± 0,9	12,6 ± 0,7 <sup>#</sup>	23,5 ± 0,9	8,7 ± 0,8 <sup>#</sup>
РГМ_СР	20,1	0,000	164	0,000	455 ± 5	425 ± 4	452 ± 2	424 ± 4
РГМ_КО	252,6	0,000	204,3	0,000	83,8 ± 2,4	134,9 ± 2,0 <sup>#</sup>	87,3 ± 3,0	145,3 ± 2,6 <sup>#</sup>
РГМ_ППС	112,5	0,000	114,5	0,000	109,6 ± 4,4	49,2 ± 3,6 <sup>#</sup>	103,2 ± 4,6	39,4 ± 3,8 <sup>#</sup>
КПБ_1	29,6	0,000	19,1	0,000	64,2 ± 3,5	84,1 ± 2,9	64,7 ± 3,1	85,4 ± 2,5
КПБ_4	2,06	0,15	38,4	0,000	69,3 ± 4,9*	78,5 ± 4,0 <sup>#</sup>	78,6 ± 3,4*	106,0 ± 2,8 <sup>#</sup>
З_Ч	3,19	0,08	9,30	0,003	4,3 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2
З_СЛГ	3,44	0,07	1,18	0,28	2,5 ± 0,2	2,9 ± 0,1	2,7 ± 0,2	3,0 ± 0,1
З_СЛВ	11,3	0,001	12,1	0,001	4,1 ± 0,2	4,9 ± 0,1	4,1 ± 0,2	4,9 ± 0,1

**Примечание.** Статистическая значимость полученных различий  $0,000001 < p < 0,05$  при сравнении значений до и после операции обозначена знаком \* в кластере 1, <sup>#</sup> – в кластере 2



**РИС. 2.**  
Лепестковая диаграмма для отображения соотношения нормированных когнитивных функций до операции (сплошная линия) и после операции (пунктир) в кластере 1 (а) и кластере 2 (б): 1 – СЗМР\_СР; 2 – СЗМР\_КО; 3 – УФП\_СР; 4 – УФП\_КО; 5 – УФП\_ППС; 6 – РГМ\_СР; 7 – РГМ\_КО; 8 – РГМ\_ППС; 9 – КПБ\_1; 10 – КПБ\_4; 11 – З\_Ч; 12 – З\_СЛГ; 13 – З\_СЛВ



**FIG. 2.**  
Radar chart for displaying the ratio of normalized cognitive functions before surgery (solid line) and after surgery (dotted line) in cluster 1 (a) and cluster 2 (б): 1 – choice visual-motor reaction (response rate); 2 – choice visual-motor reaction (number of errors); 3 – levels of functional mobility of the nervous processes (response rate); 4 – levels of functional mobility of the nervous processes (number of errors); 5 – levels of functional mobility of the nervous processes (number of missed positive signals); 6 – stimulus exposure feedback according to correct answers (response rate); 7 – stimulus exposure feedback according to correct answers (number of errors); 8 – stimulus exposure feedback according to correct answers (number of missed positive signals); 9 – number of characters processed in 1 min of the test; 10 – number of characters processed in 4 min of the test; 11 – number of memorized numbers; 12 – number of memorized syllables; 13 – number of memorized words

ции и количеством ошибок при выполнении зрительно-моторной реакции.

Для определения значения возраста и изменений показателей когнитивных функций в «нестабильных» кластерах при сравнении ситуаций до и после операции применяли непараметрические методы Манна – Уитни и Вилкоксона. Статистически значимых возрастных различий в выделенных группах пациентов не обнаружено. Так же, как и в общей «стабильной» группе пациентов, показатели СЗМР\_КО, РГМ\_СР, КПБ\_1 и З\_СЛГ не имели существенного значения для дифференциации состояний до- и после операции (табл. 3). Сходные и подобные тем, что приведены в табл. 2, изменения в «нестабильных» группах касались показателей УФП\_СР и КПБ\_4, указывая на общий послеоперационный эффект повышения скорости сложной зрительно-моторной реакции (УФП\_СР) и снижения истощения работоспособности при селекции информации в пробе Бурдона (КПБ\_4) (рис. 2). Хотя эффект повышения СР может быть обусловлен обучением вследствие повторного послеоперационного тестирования, однако разнонаправленные изменения количества ошибок (УФП\_КО и УФП\_ППС) свидетельствуют о реорганизации активности мозга при селекции информации, преимущественно во фронтальных и парието-окципитальных областях [14].

Особенностью пациентов, сместившихся в послеоперационный период из кластера 2 в кластер 1, было

снижение ошибок в реакции на предъявленный стимул (УФП\_КО) при отсутствии статистически значимых различий в показателях УФП\_ППС, РГМ\_КО и РГМ\_ППС и ухудшении запоминания слов (З\_СЛВ). У тех пациентов, что после операции перешли в кластер 2, число ошибок (УФП\_КО), наоборот, возросло, а эффекты для показателей УФП\_ППС, РГМ\_КО и РГМ\_ППС были подобны тем, что наблюдались в общей группе (рис. 2). Следовательно, группу пациентов, перешедших из кластера 2 в кластер 1 при тестировании в послеоперационный период, можно рассматривать как группу риска ПОКД, так как они характеризуются совмещением эффектов ухудшения вербальной памяти и ослабления отмеченного в общей «стабильной» группе эффекта ускорения времени реакции на зрительные стимулы при тестировании когнитивных функций после операции.

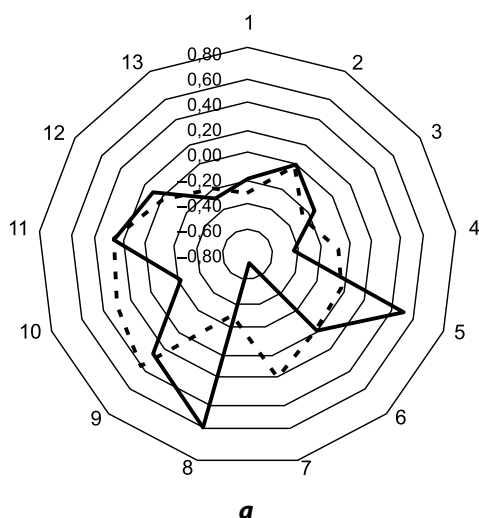
Таким образом, для скрининговой оценки риска ПОКД наиболее информативными методиками можно признать тестирование скорости реакции на зрительно предъявленные стимулы с обратной связью изменения экспозиции этих стимулов согласно индивидуальной скорости ответов (УФП) и тестирование запоминания слов. Определение показателей этих когнитивных функций позволяет оценить состояние подвижности нервных процессов и кратковременной памяти. Эти показатели, согласно многочисленным данным, отражают состояние когнитивных резервов при старении [15–17],

**ТАБЛИЦА 4**  
**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ПСИХОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕХОДЯЩИХ ИЗ ОДНОГО КЛАСТЕРА В ДРУГОЙ ПРИ СРАВНЕНИИ ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДОВ**

**TABLE 4**  
**FEATURES OF PSYCHOMETRIC INDICATORS CHANGES IN PATIENTS MOVING FROM ONE CLUSTER TO ANOTHER WHEN COMPARING PRE- AND POSTOPERATIVE PERIODS**

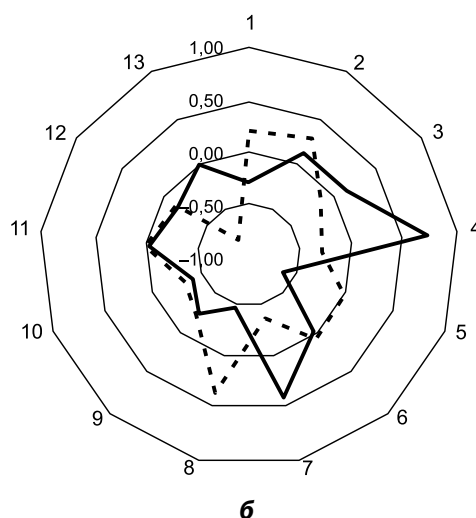
Переменная	Эффект для перехода 2 в 1		Эффект для перехода 1 в 2		Значения при переходе из 2 в 1 (n = 18)		Значения при переходе из 1 в 2 (n = 27)	
	Z	p	Z	p	до	после	до	после
СЗМР_СР	1,02	0,31	4,37	0,000	579 ± 105	563 ± 119	585 ± 59 <sup>#</sup>	514 ± 57 <sup>#</sup>
СЗМР_КО	1,63	0,10	0,21	0,83	2,6 ± 4,6	2,7 ± 2,3	2,2 ± 2,5	2,1 ± 2,1
УФП_СР	2,50	0,01	2,85	0,01	473 ± 71*	439 ± 39*	452 ± 41 <sup>#</sup>	432 ± 36 <sup>#</sup>
УФП_КО	2,31	0,02	2,82	0,022	29,9 ± 11,4*	23,3 ± 5,9*	21,1 ± 3,2 <sup>#</sup>	25,0 ± 3,8 <sup>#</sup>
УФП_ППС	0,69	0,49	3,29	0,001	12,2 ± 6,2	15,3 ± 9,3	21,5 ± 5,0 <sup>#</sup>	15,1 ± 6,8 <sup>#</sup>
РГМ_СР	0,54	0,59	0,12	0,91	440 ± 41	441 ± 42	442 ± 42	441 ± 40
РГМ_КО	0,70	0,49	4,13	0,000	122 ± 16	107 ± 38	90 ± 23 <sup>#</sup>	128 ± 23 <sup>#</sup>
РГМ_ППС	1,81	0,07	4,35	0,000	53 ± 21	78 ± 50	100 ± 31 <sup>#</sup>	49 ± 30 <sup>#</sup>
КПБ_1	0,68	0,50	0,62	0,53	72,7 ± 21,0	68,4 ± 32,8	89,9 ± 29,6	87,1 ± 22,3
КПБ_4	240	0,02	3,40	0,001	58 ± 26*	85 ± 33*	66 ± 38 <sup>#</sup>	105 ± 35 <sup>#</sup>
З_Ч	0,34	0,73	0,43	0,67	4,4 ± 1,3	4,6 ± 1,5	4,9 ± 1,6	5,0 ± 2,0
З_СЛГ	0,43	0,67	0,0	1,00	2,5 ± 1,1	2,7 ± 1,5	2,8 ± 1,4	2,8 ± 1,2
З_СЛВ	2,35	0,02	0,69	0,49	4,3 ± 1,2*	3,3 ± 1,1*	4,0 ± 1,1	4,1 ± 1,0

**Примечание.** Статистическая значимость полученных различий  $0,000001 < p < 0,05$  при сравнении значений до и после операции обозначена знаком \* в кластере 1, <sup>#</sup> – в кластере 2.



**РИС. 3.**

Лепестковая диаграмма для отображения соотношения нормированных когнитивных функций до операции (сплошная линия) и после операции (пунктир) для пациентов, переходящих из кластера 1 в 2 (а) и из кластера 2 в 1 (б) (обозначения как на рис. 1)



**FIG. 3.**

Radar chart for displaying the ratio of normalized cognitive functions before surgery (solid line) and after surgery (dotted line) in patients moving from cluster 1 to 2 (a) and from cluster 2 to 1 (b) (the keys are the same as in Fig. 1)

в том числе, при патологическом старении, связанным с атеросклерозом [4, 9]. Согласно полученным результатам, УФП и З\_СЛВ оказываются полезными для оценки риска ПОКД и особенно настойчивой рекомендации кардиохирургическим пациентам применения методов когнитивной реабилитации для предотвращения значимых послеоперационных когнитивных нарушений. Как показано в литературе, эффективным способом восстановления когнитивных функций у пациентов, перенёвших кардиохирургические вмешательства, можно считать применение двойных задач, сочетающих когнитивную и моторную нагрузку [18–20].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведённом исследовании определены показатели сложной зрительно-моторной реакции, внимания и памяти, наиболее информативные для описания послеоперационной динамики когнитивных функций. Для скрининговой оценки риска ПОКД предлагается тестирование скорости реакции на зрительно предъявленные стимулы с обратной связью изменения экспозиции этих стимулов согласно индивидуальной скорости ответов и вербальной памяти.

Использованные методы кластеризации показателей когнитивных функций позволяют в предоперационный период выделить тех пациентов с ИБС, которые обладают меньшими когнитивными резервами для восстановления после операции.

Изменения взаимосвязи показателей сложной зрительно-моторной реакции, внимания и памяти в зависимости от принадлежности к выделенным кластерам позволяют предположить, что предоперационный период характеризуется дедифференциацией когнитивных

функций, указывающей на состояние когнитивного дефицита, и этот эффект отмечается примерно у половины пациентов с ИБС.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-29-01017.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Deckers K, Schievink SHJ, Rodriquez MMF, van Oostenbrugge RJ, van Boxtel MPJ, Verhey FRJ, et al. Coronary heart disease and risk for cognitive impairment or dementia: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017; 12(9): e0184244. doi: 10.1371/journal.pone.0184244
2. Li J, Wu Y, Zhang D, Nie J. Associations between heart failure and risk of dementia: A PRISMA-compliant meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(5): e18492. doi: 10.1097/MD.00000000000018492
3. Liang X, Huang Y, Han X. Associations between coronary heart disease and risk of cognitive impairment: A meta-analysis. *Brain Behav*. 2021; 11(5): e02108. doi: 10.1002/brb3.2108
4. Трубникова О.А., Каган Е.С., Куприянова Т.В., Малева О.В., Аргунова Ю.А., Кухарева И.Н. Нейропсихологический статус пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца и факторы на него влияющие. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2017;(1): 112-121. doi: 10.17802/2306-1278-2017-1-112-121
5. Mahon S, Parmar P, Barker-Collo S, Krishnamurthi R, Jones K, Theadom A, et al. Determinants, prevalence, and trajectory of long-



term post-stroke cognitive impairment: Results from a 4-year follow-up of the ARCOS-IV study. *Neuroepidemiology*. 2017; 49(3-4): 129-134. doi: 10.1159/000484606

6. Samieri C, Perier MC, Gaye B, Proust-Lima C, Helmer C, Dartigues JF, et al. Association of cardiovascular health level in older age with cognitive decline and incident dementia. *JAMA*. 2018; 320(7): 657-664. doi: 10.1001/jama.2018.11499

7. Сырова И.Д., Ложкин И.С., Трубникова О.А., Артамонова А.И., Портнов Ю.М., Семенов С.Е. и др. Цереброваскулярные осложнения у пациентов с ишемической болезнью сердца, перенёвших коронарное шунтирование (пятилетнее наблюдение). *Креативная кардиология*. 2020; 14(4): 313-323. doi: 10.24022/1997-3187-2020-14-4-313-323

8. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Куприянова Т.В., Соснина А.С., Сырова И.Д., Ложкин И.С. и др. Влияние стойкой послеоперационной когнитивной дисфункции на показатели качества жизни у пациентов в отдалённом послеоперационном периоде коронарного шунтирования. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2020; 13(6): 489-496. doi: 10.17116/kardio202013061489

9. Xing YL, Chen MA, Sun Y, Neradilek MB, Wu XT, Zhang D, et al. Atherosclerosis, its risk factors, and cognitive impairment in older adults. *J Geriatr Cardiol*. 2020; 17(7): 434-440. doi: 10.11909/j.issn.1671-5411.2020.07.006

10. Saver JL, Cushman M. Striving for ideal cardiovascular and brain health: It is never too early or too late. *JAMA*. 2018; 320(7): 645-647. doi: 10.1001/jama.2018.11002

11. Guo Q, Lu X, Gao Y, Zhang J, Yan B, Su D, et al. Cluster analysis: A new approach for identification of underlying risk factors for coronary artery disease in essential hypertensive patients. *Sci Rep*. 2017; 7: 43965. doi: 10.1038/srep43965

12. Mayer F, Di Pucchio A, Lacorte E, Bacigalupo I, Marzolini F, Ferrante G, et al. An estimate of attributable cases of Alzheimer disease and vascular dementia due to modifiable risk factors: The impact of primary prevention in Europe and in Italy. *Dement Geriatr Cogn Dis Extra*. 2018; 8(1): 60-71. doi: 10.1159/000487079

13. Covello AL, Horwitz LI, Singhal S, Blaum CS, Li Y, Dodson JA. Cardiovascular disease and cumulative incidence of cognitive impairment in the Health and Retirement Study. *BMC Geriatr*. 2021; 21(1): 274. doi: 10.1186/s12877-021-02191-0

14. Phillips V. *Mild cognitive impairment (MCI): Diagnosis, prevalence and quality of life*. NY: Nova; 2017.

15. Разумникова О.М. *Когнитивные ресурсы и стратегии адаптации при старении, локальных повреждениях мозга или сенсорной депривации*. Новосибирск: Изд-во НГТУ; 2020.

16. Biesmans KE, van Aken L, Frunt EMJ, Wingbermuehle PAM, Egger JIM. Inhibition, shifting and updating in relation to psychometric intelligence across ability groups in the psychiatric population. *J Intellect Disabil Res*. 2019; 63(2):149-160. doi: 10.1111/jir.12559

17. Martin AK, Barker MS, Gibson EC, Robinson GA. Response initiation and inhibition and the relationship with fluid intelligence across the adult lifespan. *Arch Clin Neuropsychol*. 2021; 36(2): 231-242. doi: 10.1093/arclin/acz044

18. Kulason K, Nouchi R, Hoshikawa Y, Noda M, Okada Y, Kawashima R. The beneficial effects of cognitive training with simple calculation and reading aloud in an elderly postsurgical population: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2016; 17: 334. doi: 10.1186/s13063-016-1476-0

19. Tait JL, Duckham RL, Milte CM, Main LC, Daly RM. Influence of sequential vs. simultaneous dual-task exercise training

on cognitive function in older adults. *Front Aging Neurosci*. 2017; 9: 368. doi: 10.3389/fnagi.2017.00368

20. Ajtahed SS, Rezapour T, Etemadi S, Moradi H, Habibi Asgarabad M, Ekhtiari H. Efficacy of neurocognitive rehabilitation after coronary artery bypass graft surgery in improving quality of life: An interventional trial. *Front Psychol*. 2019; 10: 1759. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01759

## REFERENCES

1. Deckers K, Schievink SHJ, Rodriquez MMF, van Oostenbrugge RJ, van Boxtel MPJ, Verhey FRJ, et al. Coronary heart disease and risk for cognitive impairment or dementia: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017; 12(9): e0184244. doi: 10.1371/journal.pone.0184244

2. Li J, Wu Y, Zhang D, Nie J. Associations between heart failure and risk of dementia: A PRISMA-compliant meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(5): e18492. doi: 10.1097/MD.00000000000018492

3. Liang X, Huang Y, Han X. Associations between coronary heart disease and risk of cognitive impairment: A meta-analysis. *Brain Behav*. 2021; 11(5): e02108. doi: 10.1002/brb3.2108

4. Trubnikova OA, Kagan ES, Kupriyanova TV, Maleva OV, Argunova YuA, Kukhareva IN. Neuropsychological status of patients with stable coronary artery disease and factors affecting it. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2017; (1): 112-121. (In Russ.). doi: 10.17802/2306-1278-2017-1-112-121

5. Mahon S, Parmar P, Barker-Collo S, Krishnamurthi R, Jones K, Theadom A, et al. Determinants, prevalence, and trajectory of long-term post-stroke cognitive impairment: Results from a 4-year follow-up of the ARCOS-IV study. *Neuroepidemiology*. 2017; 49(3-4): 129-134. doi: 10.1159/000484606

6. Samieri C, Perier MC, Gaye B, Proust-Lima C, Helmer C, Dartigues JF, et al. Association of cardiovascular health level in older age with cognitive decline and incident dementia. *JAMA*. 2018; 320(7): 657-664. doi: 10.1001/jama.2018.11499

7. Сырова И.Д., Ложкин И.С., Трубникова О.А., Артамонова А.И., Портнов Ю.М., Семенов С.Е., et al. Цереброваскулярные осложнения у пациентов с коронарной болезнью сердца, перенёвших коронарное шунтирование (пятилетнее наблюдение). *Креативная кардиология*. 2020; 14(4): 313-323. (In Russ.). doi: 10.24022/1997-3187-2020-14-4-313-323

8. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Куприянова Т.В., Соснина А.С., Сырова И.Д., Ложкин И.С., et al. Impact of persistent postoperative cognitive dysfunction on quality of life in long-term postoperative period after coronary artery bypass grafting. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2020; 13(6): 489-496. (In Russ.). doi: 10.17116/kardio202013061489

9. Xing YL, Chen MA, Sun Y, Neradilek MB, Wu XT, Zhang D, et al. Atherosclerosis, its risk factors, and cognitive impairment in older adults. *J Geriatr Cardiol*. 2020; 17(7): 434-440. doi: 10.11909/j.issn.1671-5411.2020.07.006

10. Saver JL, Cushman M. Striving for ideal cardiovascular and brain health: It is never too early or too late. *JAMA*. 2018; 320(7): 645-647. doi: 10.1001/jama.2018.11002

11. Guo Q, Lu X, Gao Y, Zhang J, Yan B, Su D, et al. Cluster analysis: A new approach for identification of underlying risk factors for coronary artery disease in essential hypertensive patients. *Sci Rep*. 2017; 7: 43965. doi: 10.1038/srep43965

12. Mayer F, Di Pucchio A, Lacorte E, Bacigalupo I, Marzolini F, Ferrante G, et al. An estimate of attributable cases of Alzheimer disease and vascular dementia due to modifiable risk factors: The impact of primary prevention in Europe and in Italy. *Dement Geriatr Cogn Dis Extra*. 2018; 8(1): 60-71. doi: 10.1159/000487079
13. Covello AL, Horwitz LI, Singhal S, Blaum CS, Li Y, Dodson JA. Cardiovascular disease and cumulative incidence of cognitive impairment in the Health and Retirement Study. *BMC Geriatr*. 2021; 21(1): 274. doi: 10.1186/s12877-021-02191-0
14. Phillips V. *Mild cognitive impairment (MCI): Diagnosis, prevalence and quality of life*. NY: Nova; 2017.
15. Razumnikova OM. *Cognitive resources and adaptation strategies for aging, local brain damage, or sensory deprivation*. Novosibirsk: NGTU Publ.; 2020. (In Russ.).
16. Biesmans KE, van Aken L, Frunt EMJ, Wingbermühle PAM, Egger JIM. Inhibition, shifting and updating in relation to psychometric intelligence across ability groups in the psychiatric population. *J Intellect Disabil Res*. 2019; 63(2):149-160. doi: 10.1111/jir.12559
17. Martin AK, Barker MS, Gibson EC, Robinson GA. Response initiation and inhibition and the relationship with fluid intelligence across the adult lifespan. *Arch Clin Neuropsychol*. 2021; 36(2): 231-242. doi: 10.1093/arclin/acz044
18. Kulason K, Nouchi R, Hoshikawa Y, Noda M, Okada Y, Kawashima R. The beneficial effects of cognitive training with simple calculation and reading aloud in an elderly postsurgical population: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2016; 17: 334. doi: 10.1186/s13063-016-1476-0
19. Tait JL, Duckham RL, Milte CM, Main LC, Daly RM. Influence of sequential vs. simultaneous dual-task exercise training on cognitive function in older adults. *Front Aging Neurosci*. 2017; 9: 368. doi: 10.3389/fnagi.2017.00368
20. Ajtahed SS, Rezapour T, Etemadi S, Moradi H, Habibi Asgarabad M, Ekhtiari H. Efficacy of neurocognitive rehabilitation after coronary artery bypass graft surgery in improving quality of life: An interventional trial. *Front Psychol*. 2019; 10: 1759. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01759

#### Сведения об авторах

**Разумникова Ольга Михайловна** – доктор биологических наук, профессор кафедры психологии и педагогики, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», e-mail: razoum@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7831-9404>

**Тарасова Ирина Валерьевна** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», e-mail: iriz78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6391-0170>

**Трубникова Ольга Александровна** – доктор медицинских наук, заведующая лабораторией нейрососудистой патологии, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», e-mail: olgalet17@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8260-8033>

**Барбараш Ольга Леонидовна** – член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», e-mail: olb61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4642-3610>

#### Information about the authors

**Olga M. Razumnikova** – Dr. Sc. (Biol.), Professor at the Department of Psychology and Pedagogics, Novosibirsk State Technical University, e-mail: razoum@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7831-9404>

**Irina V. Tarasova** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, e-mail: iriz78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6391-0170>

**Olga A. Trubnikova** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Laboratory of Neurovascular Pathology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, e-mail: olgalet17@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8260-8033>

**Olga L. Barbarash** – Corresponding Member of the RAS, Director of the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, e-mail: olb61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4642-3610>

#### Вклад авторов

Разумникова О.М. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста.

Тарасова И.В. – сбор и обработка материала, редактирование.

Трубникова О.А. – сбор и обработка материала, редактирование.

Барбараш О.Л. – редактирование.