



УДК 616.126.5-089-06:616.89-008.44/48
DOI 10.17802/2306-1278-2025-14-3-16-26

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТРАНСКАТЕТЕРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА: ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА

И.В. Тарасова, Д.С. Куприянова, А.С. Соснина, И.Д. Сырова, О.А. Трубникова, Р.С. Тарасов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- Впервые продемонстрирована связь между увеличением длительности транскатетерной имплантации аортального клапана и ухудшением памяти и внимания, а также более низкой частотой альфа-активности, что свидетельствует о неблагоприятных изменениях деятельности нейронных сетей.

Цель	Изучить нейрофизиологические показатели пациентов, перенесших транскатетерную имплантацию аортального клапана (ТИАК), в зависимости от длительности вмешательства.
Материалы и методы	В проспективное исследование включены 53 пациента, из них 13 мужчин. Все больные разделены на две группы в зависимости от длительности ТИАК: до 90 мин включительно ($n = 21$) и более 90 мин ($n = 32$). Для определения состояния мозговых функций пациентов, перенесших ТИАК, использованы предоперационный когнитивный скрининг, расширенное нейропсихологическое тестирование с определением послеоперационной когнитивной дисфункции и электроэнцефалографическое (ЭЭГ) исследование за 1–2 дня до и на 5–7-е сутки после вмешательства.
Результаты	У большинства пациентов (83%) определен сниженный предоперационный когнитивный статус (36% – тяжелые, 47% – умеренные когнитивные нарушения). Расширенное нейропсихологическое тестирование на 5–7-е сутки после ТИАК продемонстрировало, что пациенты с продолжительной ТИАК имели худшую вработываемость и большую истощаемость системы направленного внимания, а также запоминали меньше слов, чем пациенты со временем вмешательства менее 90 мин. Также обнаружено, что у лиц с длительным временем проведения ТИАК на 5–7-е сутки после вмешательства центральная частота ЭЭГ-активности (альфа-пик) была ниже, чем у лиц с меньшей продолжительностью операции. Выявлена статистически значимая отрицательная корреляционная связь между временем проведения ТИАК и центральной частотой ЭЭГ-активности.
Заключение	Установлена значимость продолжительности ТИАК как комплексного показателя, предположительно связанного с особенностями проводимого вмешательства, такими как механизмы материальной эмболии и нарушения перфузии головного мозга. Дальнейшие исследования нейрофизиологического статуса пациентов при ТИАК должны быть направлены на идентификацию конкретных периоперационных факторов и механизмов, приводящих к повреждению головного мозга и послеоперационной когнитивной дисфункции.
Ключевые слова	Транскатетерная имплантация аортального клапана • Нейрофизиологический статус • Послеоперационная когнитивная дисфункция • Электроэнцефалография

Поступила в редакцию: 18.02.2025; поступила после доработки: 27.02.2025; принята к печати: 07.03.2025

Для корреспонденции: Ирина Валерьевна Тарасова, taraiv@kemcardio.ru; адрес: бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Corresponding author: Irina V. Tarasova, taraiv@kemcardio.ru; address: 6, Acad. Barbarash Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

IMPACT OF DURATION OF TRANSCATHETER AORTIC VALVE IMPLANTATION ON NEUROPHYSIOLOGICAL OUTCOMES OF PATIENTS AFTER THE INTERVENTION

I.V. Tarasova, D.S. Kupriyanova, A.S. Sosnina, I.D. Syrova, O.A. Trubnikova, R.S. Tarasov

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Acad. Barbarash blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- For the first time we have established an association between a prolonged duration of aortic valve implantation and deterioration of memory and attention, as well as a lower frequency of alpha activity, which indicates adverse changes in neural network activity.

Aim	To examine the neurophysiological parameters of patients who underwent transcatheter aortic valve implantation (TAVI), taking into account the intervention's duration.
Methods	The prospective study involved 53 patients, 13 of whom were men. All patients were divided into two groups depending on the duration of TAVI: up to 90 min (n = 21) and more than 90 min (n = 32). To determine the state of brain function in patients who underwent TAVI, preoperative cognitive screening, extended neuropsychological testing to determine postoperative cognitive dysfunction (POCD), and electroencephalographic (EEG) study 1–2 days before and 5–7 days after TAVI were conducted.
Results	The majority of patients (83%) had a decreased preoperative cognitive status (36% severe, 47% moderate cognitive impairment). Extended neuropsychological testing at 5–7 days after TAVI demonstrated that the patients with a longer TAVI time had worse adaptation and greater exhaustion of the directed attention system, and remembered fewer words than the patients with an intervention time of less than 90 minutes. The patients with a longer TAVI time had a lower central frequency of EEG activity (alpha peak) at 5–7 days after TAVI than those with a shorter intervention time. The duration of TAVI has a statistically significant negative correlation with the central frequency of EEG activity.
Conclusion	The results of the study demonstrated the significance of TAVI duration as a complex indicator, possibly associated with the features of the intervention, such as mechanisms of material embolism and impaired cerebral perfusion. The identification of specific perioperative factors and mechanisms that contribute to brain damage and POCD should be the focus of further investigation into TAVI patients' neurophysiological state.
Keywords	Transcatheter aortic valve implantation • Neurophysiological status • Postoperative cognitive dysfunction • Electroencephalography

Received: 18.02.2025; received in revised form: 27.02.2025; accepted: 07.03.2025

Список сокращений

ТИАК – транскатетерная имплантация аортального клапана ЭЭГ – электроэнцефалография
 ПОКД – послеоперационная когнитивная дисфункция

Введение

Транскатетерная имплантация аортального клапана (ТИАК) признана эффективным вариантом лечения тяжелого аортального стеноза у пациентов, для которых «открытое» вмешательство сопряжено высоким риском осложнений [1, 2]. Несмотря на преимущества, ТИАК может осложниться повреждением головного мозга в результате матери-

альной эмболизации, субстратом которой являются острые и организующиеся тромбы, ткань клапана, стенки артерии, кальций, инородный материал и миокард [3]. Также установлено, что кальцификация аортального клапана увеличивает риск инсульта и снижает выживаемость после ТИАК [4]. Однако более значимой для качества жизни пациентов являются неярные повреждения мозга при ТИАК.

Показано, что количество пациентов с немым повреждением головного мозга, вызванным ТИАК, колеблется от 45 до 100% [5]. Это более мягкое, диффузное повреждение, имеющее стертую клиническую картину, часто не распознается на госпитальном этапе, но имеет далеко идущие последствия в виде нарушения когнитивных функций [6].

Когнитивные нарушения – субъективное или объективное ухудшение процессов получения, переработки и анализа информации вследствие поражения полушарий головного мозга. Послеоперационные когнитивные нарушения существенно обременяют как пациентов и членов их семей, так и систему здравоохранения [7]. На сегодняшний день известно несколько патогенетических механизмов, которые могут приводить к развитию послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД). В их число входят периферический воспалительный ответ организма на хирургическую травму, которая способствует развитию нейровоспалительного процесса, нарушение целостности гематоэнцефалического барьера с последующим нейрональным повреждением, а также ишемия и предшествующие нейродегенеративные заболевания головного мозга [8].

Установлено, что базовое состояние когнитивного статуса пациентов с тяжелым стенозом аортального клапана было значительно ниже такового у лиц того же возраста, пола и уровня образования без стеноза аортального клапана [9]. В нашей предыдущей работе показано, что 80% пациентов со стенозом аортального клапана имели умеренное или тяжелое когнитивное расстройство по Монреальской шкале когнитивной оценки (Montreal Cognitive Assessment – MoCA) [10]. Однако в литературе представлены данные об улучшении когнитивных функций после ТИАК [11, 12]. Так, показано, что когнитивное улучшение было более выраженным у пациентов с меньшими показателями площади открытия аортального клапана и большей обструкцией сердечного выброса [11]. Предполагается, что когнитивное функционирование у данных больных улучшается за счет увеличения сердечного выброса после ТИАК и улучшения мозгового кровотока [6]. Следует отметить, что позитивные эффекты ТИАК, влияющие на когнитивный статус, могут быть обусловлены еще рядом факторов, например исходным клиническим и когнитивным статусом пациентов, параметрами оперативного вмешательства.

Расширение показаний к процедуре ТИАК, рост числа проводимых вмешательств и доли пациентов младше 65 лет приводят к ужесточению требований к безопасности и качеству транскатетерного вмешательства, включая сохранение когнитивного статуса больных. Клинические исследования, основанные на применении стандартной оценки

неврологического статуса, менее информативны в сравнении с нейрофизиологическими методами и не позволяют в полной мере выявить когнитивные нарушения. Безопасность и эффективность вмешательства в отношении функций головного мозга можно оценить с помощью современных нейрофизиологических методов, таких как цифровая многоканальная электроэнцефалография (ЭЭГ) и расширенное нейропсихологическое тестирование. При исследовании локализации и выраженности изменений электрической активности головного мозга, а также структуры нарушений в когнитивных доменах у пациентов с ТИАК можно выявить наиболее уязвимые к периоперационному повреждению области коры головного мозга [13].

Целью настоящего исследования явилось изучение нейрофизиологических показателей пациентов, перенесших ТИАК, с учетом длительности вмешательства.

Материалы и методы

Пациенты

В исследование включены пациенты НИИ КПССЗ (г. Кемерово) в период с декабря 2021 г. по ноябрь 2024 г. В ходе исследования соблюдены принципы надлежащей клинической практики (приказ Минздрава России № 266 от 19.06.2003) и Хельсинкской декларации ВМА (поправка 2013 г.). Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом учреждения (протокол № 10 от 23.12.2022). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения:

- 1) дегенеративный аортальный стеноз;
- 2) возраст больного до 85 лет;
- 3) решение мультидисциплинарного консилиума о транскатетерной коррекции аортального стеноза;
- 4) добровольное информированное согласие.

Критерии исключения:

- 1) воспалительные заболевания головного мозга, эпилепсия, травмы;
- 2) алкогольная или наркотическая зависимость;
- 3) показатель по шкале MoCA ≤ 18 баллов;
- 4) показатель шкалы депрессии Бека (Beck Depression Inventory (BDI-II)) ≥ 16 баллов;
- 5) тяжелая коморбидная патология, ограничивающая ожидаемую продолжительность жизни до менее 12 мес.;
- 6) отказ пациента от начала или продолжения исследования.

В настоящее проспективное исследование были включены 53 пациента (40 женщин и 13 мужчин). При поступлении в учреждение все участники исследования проходили обследование в соответствии со стандартами ведения пациентов кардиологиче-

ского профиля, а также были осмотрены неврологом и прошли магнитно-резонансную томографию головного мозга. Особенности клинико-anamnestических характеристик этой когорты были доминирование женского пола, медиана возраста 75 лет и существенная коморбидность (табл. 1).

Трехуровневая система оценки состояния мозговых функций

Для определения состояния мозговых функций пациентов, перенесших ТИАК, использован методический подход, включающий когнитивный скрининг, расширенное нейропсихологическое тестирование с определением ПОКД и ЭЭГ-исследование [13]. В предоперационном периоде для включения пациентов в исследование оценен их базовый когнитивный статус с помощью скринингового психометрического инструмента – шкалы МоСА. После включения пациентов в исследование за 1–2 дня до и на 5–7-е сутки после ТИАК проведена расширенная психометрия, включавшая тестирование функций внимания, кратковременной памяти, психомоторной скорости и исполнительных функций. Расширенная психометрия проведена на психофизиологическом программно-аппаратном комплексе Status PF. ПОКД выявлена на 5–7-е сутки после ТИАК с применением критерия «20–20» согласно изменениям 12 когнитивных показателей в послеоперационном периоде.

ЭЭГ-исследование проведено в те же временные периоды, что и расширенная психометрия. Регистрация ЭЭГ в состоянии покоя с закрытыми глазами выполнена в течение 5 мин с помощью системы Neuvo SynAmps2 (Compumedics, США). Подробнее регистрация ЭЭГ описана ранее [13].

Статистический анализ

Обработка результатов исследования осуществлена с помощью пакета программ STATISTICA 10.0. for Windows (StatSoft, Inc., США). Нормальность распределения определена по критерию Шапиро – Уилка. При отсутствии нормального распределения количественные показатели были представлены в виде медианы, 25-го и 75-го процентилей (Me [Q25; Q75]), для анализа зависимых показателей были использованы непараметрический критерий Уилкоксона, для независимых – критерий Манна – Уитни. Для нормализации распределения показателей ЭЭГ осуществлено логарифмирование их значений, после чего для поиска различий в средних значениях показателей применен t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок. Статистически значимыми считались различия $p < 0,05$.

Результаты

С использованием скрининговой нейропсихологической шкалы МоСА у большинства пациентов установлен сниженный когнитивный статус: медиана показателя составила 24 [21; 26] балла. У 36% пациентов наблюдались тяжелые, у 47% – умеренные когнитивные нарушения, только 17% больных не имели когнитивного снижения.

По данным расширенного психометрического тестирования, в раннем послеоперационном периоде наблюдалось ухудшение ряда когнитивных показателей, что обусловило высокую частоту (75%) ПОКД в обследованной когорте пациентов. Анализ данных расширенного нейропсихологического тестирования показал, что на 5–7-е сутки после ТИАК пациенты хуже запоминали фигуры

Таблица 1. Исходные клинико-anamnestические характеристики пациентов
Table 1. Baseline clinical and anamnestic characteristics of patients

Показатель / Parameter		Пациенты / Patients (n = 53)
Возраст, лет / Age, years, Me [Q25;75]		75 [71; 79]
Пол / Sex, n (%): женщины / women мужчины / men		40 (75,5) 13 (24,5)
Сопутствующая патология / Comorbidity, n (%)	Ишемическая болезнь сердца / Coronary artery disease	43 (81,1)
	Значимые поражения коронарных артерий (стеноз $\geq 70\%$) / Significant coronary artery disease (stenosis $\geq 70\%$)	15 (28,3)
	Онкопатология в анамнезе / History of oncopathology	7 (13,2)
	Сахарный диабет 2-го типа / Type 2 diabetes	17 (32,1)
	Анамнез нарушения мозгового кровообращения / History of stroke	14 (26,4)
	Хроническая болезнь почек (2–4 ст.) / Chronic kidney disease (stage 2–4)	49 (92,4)
Хроническая сердечная недостаточность (ФК по NYHA) / Chronic heart failure (FC NYHA), n (%)		
II		25 (47,2)
III–IV		28 (52,8)
EuroScore II, Me [Q25; Q75]		3,2 [2,1; 5,8]
Фракция выброса левого желудочка / Left ventricular ejection fraction, %, Me [Q25; Q75]		64 [62; 69]

Примечание: ФК – функциональный класс; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация сердца.
Note: FC – functional class; NYHA – New-York Heart Association.

и имели сниженный коэффициент внимания (табл. 2). Также в раннем послеоперационном периоде ТИАК отмечены нарушения психомоторных и исполнительных функций. Ускорение психомоторной реакции после вмешательства наблюдалось только в самом простом тесте, тогда как в более сложном тесте «Уровень функциональной подвижности нервных процессов» время реакции ухудшалось и сочеталось с увеличением количества ошибок. Можно предполагать, что это связано с ухудшением тормозных процессов в коре.

Анализ индивидуальных изменений в послеоперационном периоде ТИАК позволил установить ухудшение на $\geq 20\%$ как минимум одного из 12 используемых в тестовой батарее когнитивных показателей у 51 (96%) больного. Ухудшение исполнительных функций наблюдалось у 44 (83%) пациентов. Комбинация снижения исполнительных функций, кратковременной памяти и внимания отмечена у 13 (24%) больных, а снижения исполнительных функций и кратковременной памяти – у 16 (30%).

Далее проанализированы изменения суммарной мощности биопотенциалов ЭЭГ в шести стандартных частотных диапазонах. На 5–7-е сутки после ТИАК у пациентов наблюдалось увеличение показателей низкочастотной тета-активности (4–8 Гц и

снижение высокочастотной бета2-активности (20–30 Гц) по сравнению с предоперационными показателями (рис. 1, А).

По данным спектрального картирования, после ТИАК у пациентов определено повышение низкочастотной тета1-активности (с 19 до 46%) и уменьшение высокочастотного альфа2-ритма (с 28 до 4%). Выявленные нарушения соотношения ритмических компонентов ЭЭГ отражали подавление коры нейронной активностью подкорковых регионов мозга (см. рис. 1, В).

Следующим этапом изучено влияние продолжительности процедуры ТИАК на когнитивный статус. Все пациенты были разделены на две группы в зависимости от длительности ТИАК: до 90 мин включительно ($n = 21$) и более 90 мин ($n = 32$). Клинико-анамнестические характеристики пациентов двух групп были сопоставимы (см. табл. 1). Временная отсечка в 90 мин была выбрана эмпирически, с учетом того, что среднее время выполнения ТИАК в штатном варианте со стандартным ходом основных этапов операции в исполнении опытной бригады не превышает полутора часов.

Частота развития ПОКД составила 80 и 84% в группах до и более 90 мин соответственно ($\chi^2 = 0,98$; $p = 0,32$). Анализ данных расширенного ней-

Таблица 2. Показатели расширенного нейропсихологического тестирования пациентов до и после транскатетерной имплантации аортального клапана

Table 2. Data of extended neuropsychological testing in patients before and after transcatheter aortic valve implantation

Показатель / Parameter	До ТИАК / Before TAVI	После ТИАК / After TAVI	p	Δ , % относительных изменений / relative changes
Сложная зрительно-моторная реакция / Complex visual-motor reaction:				
время реакции, мс / reaction time, ms, Me [Q25; Q75]	742 [692; 855]	689 [640,5; 775,5]	$\leq 0,0001$	7,04
ошибки / errors, Me [Q25; Q75]	2 [1; 4]	2 [1; 3]	0,53	-36,35
Уровень функциональной подвижности нервных процессов / Level of functional mobility of nervous processes:				
время реакции, мс / reaction time, ms, Me [Q25; Q75]	548 [502,5; 581]	554,5 [523; 586]	0,11	-2,85
ошибки / errors, Me [Q25; Q75]	24 [20; 28,5]	25 [22; 30]	0,08	-10,20
пропущенные сигналы / missed signals, Me [Q25; Q75]	18,5 [14; 24,5]	16 [10,5; 23,5]	0,07	-9,87
Объем внимания, баллы / Attention capacity, scores, Me [Q25; Q75]	4 [3; 5]	4 [3; 5]	0,37	-17,03
Корректурная проба Бурдона / Bourdon's test:				
число обработанных знаков на 1-й минуте / processed symbols on 1st minute, Me [Q25; Q75]	43 [31; 67]	46 [36; 61]	0,69	-19,58
число обработанных знаков на 4-й минуте / processed symbols on 4th minute, Me [Q25; Q75]	84 [48; 101]	77 [58; 94]	0,68	-1,50
коэффициент внимания, баллы / attention coefficient, Me [Q25; Q75]	34 [26; 47]	33 [25; 49]	0,09	5,34
Запоминание 10 фигур / Memorizing 10 figures, Me [Q25; Q75]	9 [6; 9]	8 [6; 8]	0,003	7,20
Запоминание 10 чисел / Memorizing 10 numbers, Me [Q25; Q75]	4 [3; 5]	4 [3; 5]	0,13	-27,47
Запоминание 10 слов / Memorizing 10 words, Me [Q25; Q75]	4 [3; 5]	4 [4; 5]	0,61	-14,51

Примечание: ТИАК – транскатетерная имплантация аортального клапана.
Note: TAVI – transcatheter aortic valve implantation.

ропсихологического тестирования позволил установить, что пациенты с длительным временем проведения ТИАК в раннем послеоперационном периоде (5–7-е сутки) имели, по данным корректурной пробы Бурдона, худшую вработываемость и большую истощаемость системы направленного внимания, а также меньше перерабатывали знаков в течение всего задания, чем пациенты, у которых время вмешательства составило менее 90 мин. Также обнаружено, что пациенты с более длительным временем проведения ТИАК запоминали меньше слов, чем больные, у которых время вмешательства составило менее 90 мин (табл. 3).

По данным ЭЭГ-исследования, увеличение продолжительности ТИАК ассоциировано с нарушениями активности головного мозга. Установлено, что у пациентов с более длительным временем проведения ТИАК в раннем послеоперационном периоде (5–7-е сутки) центральная частота ЭЭГ-ак-

тивности (альфа-пик) была ниже, чем у пациентов с меньшим временем вмешательства (8,5 и 9,2 Гц соответственно, $p = 0,02$). Также выявлена статистически значимая отрицательная корреляционная связь между временем проведения ТИАК и центральной частотой ЭЭГ-активности ($R = -0,37$; $p = 0,036$) (рис. 2). Таким образом, длительное время проведения ТИАК было ассоциировано с более низкой частотой альфа-активности, что свидетельствует о неблагоприятных изменениях деятельности нейронных сетей.

Обсуждение

На основании проведенного анализа определена высокая частота снижения базового когнитивного статуса (83%) у пациентов-кандидатов на ТИАК, что является одной из возможных причин, выявленных в послеоперационном периоде мозгового повреждения и высокой частоты ПОКД (75%). Сле-

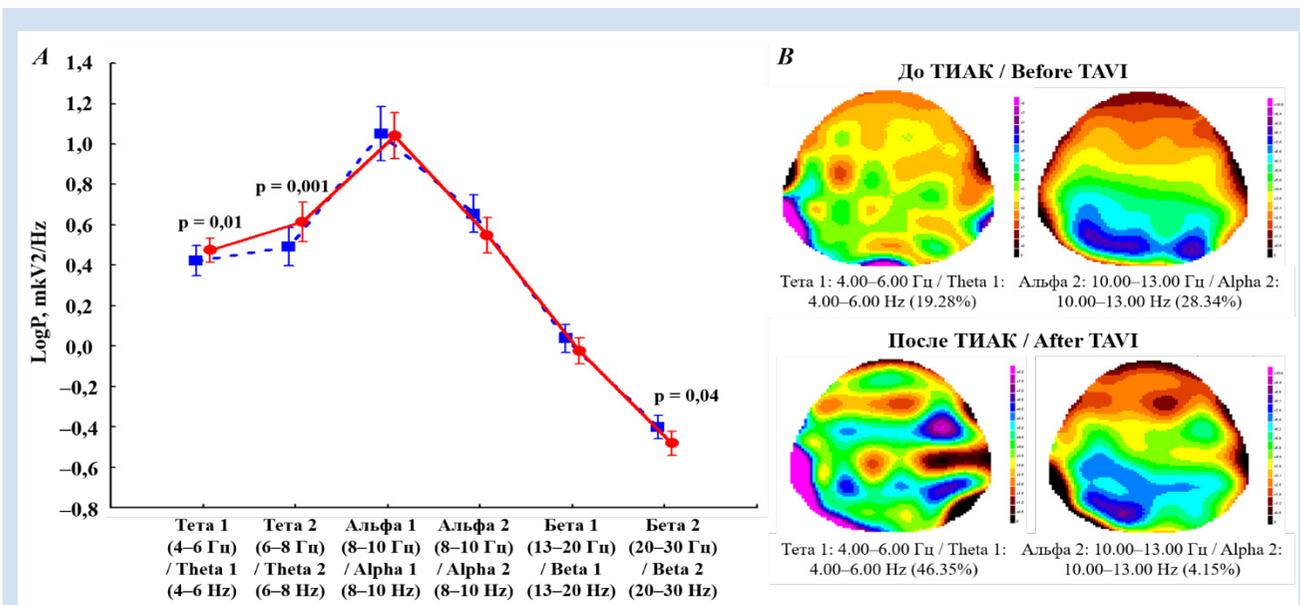


Рисунок 1. Изменения ЭЭГ-показателей после транскатетерной имплантации аортального клапана (ТИАК). А – показатели суммарной мощности биопотенциалов в частотных диапазонах (тета1, 2, альфа1, 2 и бета1, 2); В – данные спектрального картирования тета- и альфа-активности

Figure 1. Changes in EEG parameters after transcatheter aortic valve implantation (TAVI). А – parameters of the total power of biopotentials in frequency ranges (theta 1, 2, alpha 1, 2 and beta 1, 2); В – spectral mapping data of theta and alpha activity

Таблица 3. Показатели внимания и кратковременной памяти у пациентов после транскатетерной имплантации аортального клапана

Table 3. Attention and short-term memory indicators in patients after transcatheter aortic valve implantation

Показатель / Parameter	ТИАК / TAVI		P
	≤ 90 мин / min	> 91 мин / min	
Корректурная проба Бурдона / Bourdon's test:			
число обработанных знаков на 1-й минуте / processed symbols on 1 st minute, Me [Q25; Q75]	60 [55; 68]	42 [37; 54]	0,02
число обработанных знаков на 4-й минуте / processed symbols on 4 th minute, Me [Q25; Q75]	90 [81; 98]	66 [58; 94]	0,03
коэффициент внимания, баллы / attention coefficient, scores, Me [Q25; Q75]	35,5 [28; 46]	33 [26; 48]	0,17
всего переработано знаков / total processed symbols, Me [Q25; Q75]	313 [247; 349]	227 [205; 265]	0,03
Запоминание 10 слов / Memorizing 10 words, Me [Q25; Q75]	5 [4; 5]	4 [3; 5]	0,025

Примечание: ТИАК – транскатетерная имплантация аортального клапана.
Note: TAVI – transcatheter aortic valve implantation.

дует отметить, что пациенты, направленные на ТИАК, представляют собой популяцию пожилого возраста со множественными сопутствующими заболеваниями и высоким риском развития послеоперационных осложнений [2, 14]. Из проведенного ранее мета-анализа известно, что новые ишемические поражения мозга обнаружены у большого процента пациентов, перенесших ТИАК, при этом у большинства больных были множественные, распространенные ишемические поражения разных размеров, что предположительно указывает на их связь с эмболизацией тромботическим материалом или тканевым детритом, смещенным во время процедуры [5].

Представляет интерес один из недавних мета-анализов, в котором показаны противоречивые результаты при сравнении частоты инсультов и когнитивных нарушений, обусловленных ТИАК и хирургической заменой аортального клапана. Авторами отмечены различия в диагностических критериях и нейрокогнитивном тестировании. Особое внимание в данном анализе уделено бессимптомным церебральным ишемическим поражениям головного мозга, описана их связь со снижением нейрокогнитивных показателей после ТИАК. Подчеркнута необходимость стандартизированной визуализации и воспроизводимых методологий для оценки когнитивных изменений после транскатетерной замены аортального клапана [15].

В этой связи необходимо обозначить существенные различия в подходах статистического сравнения когнитивных показателей в общей выборке пациентов до и после ТИАК и оценки ПОКД, которая связана с индивидуальными для каждого пациента изменениями 14 когнитивных показателей, оцененных в настоящем исследовании. Средние показатели в выборке до и после вмешательства подвержены влиянию различных факторов, в частности продолжительности ТИАК, что и продемонстрировано в данной работе. Динамика некоторых показателей в среднем может быть статистически незначима, тогда как критерием ПОКД является 20% снижение 20% показателей из выбранной батареи тестов. Данный критерий был достигнут у 75% пациентов общей когорты исследования и у 80 и 84% больных при продолжительности ТИАК менее и более 90 мин соответственно.

В настоящей работе также установлено, что пациенты после ТИАК демонстрировали признаки корковой дисфункции с увеличением показателей

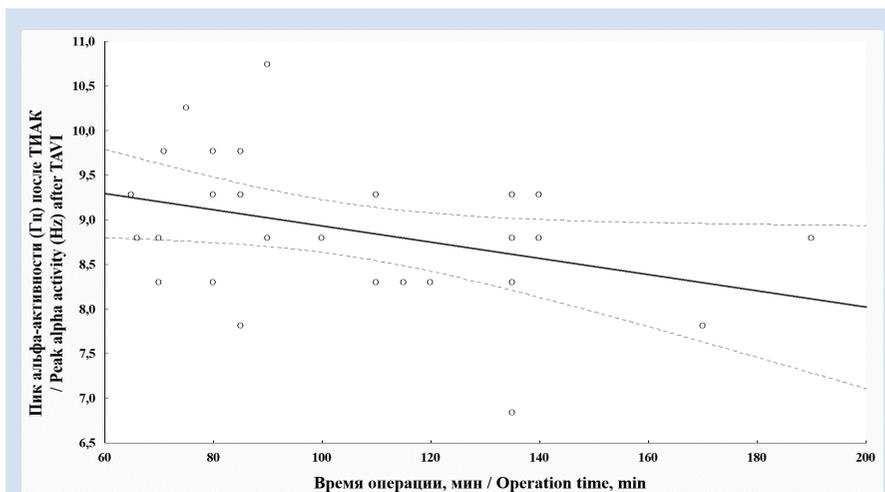


Рисунок 2. Корреляционная связь между продолжительностью транскатетерной имплантации аортального клапана (ТИАК) и центральной частотой ЭЭГ-активности
Figure 2. Correlation between the duration of transcatheter aortic valve implantation (TAVI) and the central frequency of EEG activity

низкочастотной тета-активности (4–8 Гц) и снижением высокочастотной бета2-активности (20–30 Гц) по сравнению с предоперационными данными. При этом длительность проведения ТИАК негативно влияла на когнитивный статус пациентов в раннем послеоперационном периоде (5–7-е сутки), влияние этого фактора было особенно выражено для когнитивных доменов внимания и кратковременной памяти. С высокой продолжительностью ТИАК также ассоциировано замедление центральной частоты альфа-активности.

В исследованиях выявлена связь между когнитивными нарушениями и усиленной активностью низкочастотных осцилляторов [16–18]. Предполагается, что усиление медленных волн в мозговой активности может быть общим признаком повреждения головного мозга, что указывает на нарушение взаимодействия коры и подкорковых структур [16, 18].

В рамках проведенного нами исследования показатель длительности ТИАК был выбран для подтверждения гипотезы о том, что продолжительность операции, вероятно, ассоциируется с комплексом факторов, способных негативным образом отразиться на когнитивном статусе и электрической активности головного мозга. Можно предположить, что исходная степень кальцификации аортального клапана и восходящей аорты, длительность катетеризации левого желудочка, количество инфляций баллонного катетера для вальвулопластики и продолжительность процесса позиционирования транскатетерного аортального протеза связаны с механическим воздействием на дегенеративно измененные кальцинированные створки, что может увеличивать объем и количество фрагментов материальных эмболов, поступающих в церебральный кровоток.

Действительно, данные литературы свидетельствуют о том, что степень кальцификации аортального клапана рассматривается в качестве фактора риска серьезных осложнений и снижения выжива-

емости после ТИАК. Кальцификация выходного тракта левого желудочка была связана с повышенным риском перипроцедурного инсульта и смертности, а также с более короткой выживаемостью в долгосрочной перспективе [19].

В другом исследовании, включившем 2 015 пациентов, перенесших ТИАК, у 72 (3,6%) больных развились цереброваскулярные осложнения. Факторами риска в рамках созданной авторами модели стали анамнез предшествующего цереброваскулярного события, большая площадь аортального клапана ($\geq 0,55 \text{ см}^2$), большой угол аорты ($\geq 48,5^\circ$), повышенная кальцификация правой коронарной створки ($\geq 447,2$), выходного тракта левого желудочка ($\geq 262,4$) и восходящей грудной аорты ($\geq 116,4$) [20].

Предполагается, что длительность сверхчастой кардиостимуляции при ТИАК может оказывать влияние на перфузию внутренних органов и головного мозга и, как следствие, приводить к увеличению частоты встречаемости цереброваскулярных осложнений и ПОКД. В исследовании P. Fefeg и коллег [21] при сравнении пациентов, не подвергавшихся кардиостимуляции (0), и лиц, получивших 1–2 и ≥ 3 эпизодов стимуляции (3+), обнаружено, что последние были более склонны к развитию фибрилляции предсердий (15 против 5,6%), кардиостимуляции, острому повреждению почек (28 против 18%), длительной процедурной гипотензии (25 против 0%) и характеризовались большей внутрибольничной (6,5 против 1,7%) и однолетней (18 против 11,1% соответственно) смертностью. В другом исследовании при ТИАК оценивался такой показатель, как насыщение крови кислородом в головном мозге ($r\text{SO}_2$), указывающий на баланс кислорода и перфузии головного мозга. Снижение $r\text{SO}_2 > 20\%$ от исходного уровня было связано с церебральной ишемией и повышением периоперационной заболеваемости [22].

Таким образом, продолжительность ТИАК, как комплексный показатель, предположительно связанный с особенностями проводимого вмешательства (механизмы материальной эмболии и нарушения перфузии головного мозга), оказывает особое влияние на развитие нейрокогнитивных осложнений ТИАК.

Информация об авторах

Тарасова Ирина Валерьевна, доктор медицинских наук ведущий научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-6391-0170

Куприянова Дарья Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного

Заключение

Цереброваскулярные осложнения ТИАК не ограничиваются редкими, но значимыми неврологическими событиями, такими как транзиторная ишемическая атака и инсульт. Особое внимание следует уделить менее выраженным клинически, но имеющим немаловажное медицинское и социальное значение когнитивным нарушениям, проявляющимся ухудшением показателей ряда доменов, памяти, внимания, исполнительного контроля, увеличением числа ошибок при выполнении специализированных тестов. Продемонстрирована значимость продолжительности ТИАК как комплексного показателя, предположительно связанного с особенностями проводимого вмешательства, такими как механизмы материальной эмболии и нарушения перфузии головного мозга. Дальнейшие исследования нейрофизиологического статуса пациентов при ТИАК должны быть направлены на идентификацию конкретных периоперационных факторов и механизмов, приводящих к повреждению головного мозга и развитию ПОКД. Это в свою очередь создаст основу для разработки эффективных стратегических, технических и медикаментозных способов профилактики цереброваскулярных и когнитивных нарушений при транскатетерной замене аортального клапана.

Конфликт интересов

И.В. Тарасова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.С. Куприянова заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.С. Соснина заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Д. Сырова заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.А. Трубникова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Тарасов входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках поискового научного исследования № 0419-2023-0002 «Эндovasкулярные, гибридные, экстракорпоральные технологии профилактики и лечения патологии сердца и сосудов в кардиохирургии».

Author Information Form

Tarasova Irina V., PhD, Leading Researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-6391-0170

Kupriyanova Darya S., Junior Researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for

бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9750-5536

Соснина Анастасия Сергеевна, кандидат медицинских наук врач-кардиолог, научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8908-2070

Сырова Ирина Даниловна, кандидат медицинских наук врач-невролог, научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-4339-8680

Трубникова Ольга Александровна, доктор медицинских наук заведующая лабораторией нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8260-8033

Тарасов Роман Сергеевич, доктор медицинских наук заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9750-5536

Sosnina Anastasia S., PhD, Cardiologist, Researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8908-2070

Syrova Irina D., PhD, Neurologist, Researcher at the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-4339-8680

Trubnikova Olga A., PhD, Head of the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8260-8033

Tarasov Roman S., PhD, MD, Associate Professor, Head of the Laboratory of Image-guided Endovascular and Reconstructive Surgery of the Heart and Blood Vessels, Department of Heart and Vascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Вклад авторов в статью

ТИВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

КДС – получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

САС – получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

СИД – получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ТОА – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ТРС – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

TIV – contribution to the concept and design of the study, data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

KDS – data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SAS – data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SID – data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TOA – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TRS – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dautzenberg L, Pals JEM, Lefeber GJ, Stella PR, Abawi M, Emmelot-Vonk M, Koek HL. Predictors of clinical outcome following transcatheter aortic valve implantation: a prospective cohort study. *Open Heart*. 2021 Sep;8(2):e001766. doi: 10.1136/openhrt-2021-001766.
2. Протопопов А.В., Ганюков В.И., Тарасов Р.С. Транскатетерные вмешательства при патологии клапанов сердца. Красноярск: Версо, 2021. 528 с. ISBN 978-5-94285-214-6.

3. Seeger J, Virmani R, Romero M, Gonska B, Rottbauer W, Wöhrle J. Significant Differences in Debris Captured by the Sentinel Dual-Filter Cerebral Embolic Protection During Transcatheter Aortic Valve Replacement Among Different Valve Types. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018 Sep 10;11(17):1683-1693. doi: 10.1016/j.jcin.2018.06.018.
4. Zhang D, Dai X, Wang C, Han K, Wang J, Dong Y, Chen J, Hou L. Aortic valve calcification and risk of stroke:

A systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2018 Sep;55:32-37. doi: 10.1016/j.jocn.2018.07.016.

5. Pagnesi M, Martino EA, Chiarito M, Mangieri A, Jabbour RJ, Van Mieghem NM, Kodali SK, Godino C, Landoni G, Colombo A, Latib A. Silent cerebral injury after transcatheter aortic valve implantation and the preventive role of embolic protection devices: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2016;221:97-106. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.06.143.

6. Vlastra W, van Nieuwkerk AC, Bronzwaer AGT, Versteeg A, Bron EE, Niessen WJ, Mutsaerts HJMM, van der Ster BJP, Majoie CBLM, Biessels GJ, Nederveen AJ, Daemen MJAP, van Osch MJP, Baan J, Piek JJ, Van Lieshout JJ, Delewi R. Cerebral Blood Flow in Patients with Severe Aortic Valve Stenosis Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation. *J Am Geriatr Soc*. 2021 Feb;69(2):494-499. doi: 10.1111/jgs.16882.

7. Arefayne NR, Berhe YW, van Zundert AA. Incidence and Factors Related to Prolonged Postoperative Cognitive Decline (POCD) in Elderly Patients Following Surgery and Anaesthesia: A Systematic Review. *J Multidiscip Healthc*. 2023;16:3405-3413. doi: 10.2147/JMDH.S431168.

8. Зозуля М.В., Ленкин А.И., Курапеев И.С., Лебединский К.М. Послеоперационные когнитивные расстройства: патогенез, методы профилактики и лечения. *Анестезиология и реаниматология*. 2019;(3):25-33. doi: 10.17116/anaesthesiology201903125

9. Abdul-Jawad Altisent O, Ferreira-Gonzalez I, Marsal JR, Ribera A, Auger C, Ortega G, Cascant P, Urena M, Del Blanco BG, Serra V, Sureda C, Igual A, Rovira A, González-Alujas MT, Gonzalez A, Puri R, Cuellar H, Tornos P, Rodés-Cabau J, Garcia-Dorado D. Neurological damage after transcatheter aortic valve implantation compared with surgical aortic valve replacement in intermediate risk patients. *Clin Res Cardiol*. 2016;105(6):508-17. doi: 10.1007/s00392-015-0946-9.

10. Тарасова И.В., Тарасов Р.С., Сырова И.Д., Соснина А.С., Куприянова Д.С., Колесников А.Ю., Трубникова О.А., Ганюков В.И. Клинические и нейрофизиологические результаты транскатетерной имплантации аортального клапана. Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2023;11(3): 57-67. doi: 10.33029/2308-1198-2023-11-3-57-67.

11. Schoenenberger AW, Zuber C, Moser A, Zwahlen M, Wenaweser P, Windecker S, Carrel T, Stuck AE, Stortecky S. Evolution of Cognitive Function After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016;9(10):e003590. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS

12. Olszewska-Turek K, Tokarek T, Dziewierz A, Rajtar-Zembaty A, Partyński B, Sorysz D, Dariusz Dudek, Bętkowska-Korpała B. Changes in cognitive functions and quality of life in patients after transcatheter aortic valve implantation. *Postępy Kardiologii Interwencyjnej*. 2020;16(1):82-88. doi: 10.5114/aic.2020.93915.

13. Тарасова И.В., Тарасов Р.С., Трубникова О.А., Ганюков В.И. Тарасова И.В., Тарасов Р.С., Трубникова О.А., Га-

нюков В.И. Методический подход к оценке нейрофизиологического статуса пациентов, перенесших транскатетерную имплантацию аортального клапана. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2022;11(2):6-17. doi: 10.17802/2306-1278-2022-11-2-6-16.

14. Besir B, Kapadia SR. Cerebral Embolic Protection: Is There a Benefit for Left Atrial and Mitral Valve Procedures? *Curr Cardiol Rep*. 2024;26(12):1341-1346. doi: 10.1007/s11886-024-02132-4.

15. Mangold AS, Benincasa S, Sanders BM, Patel K, Mitrev L. Neurological Complications After Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Review. *Anesth Analg*. 2024;139(5):986-996. doi: 10.1213/ANE.0000000000007087.

16. Babiloni C, Blinowska K, Bonanni L, Cichocki A, De Haan W, Del Percio C, Dubois B, Escudero J, Fernández A, Frisoni G, Guntekin B, Hajos M, Hampel H, Ifeachor E, Kilborn K, Kumar S, Johnsen K, Johannsson M, Jeong J, LeBeau F, Lizio R, Lopes da Silva F, Maestú F, McGeown WJ, McKeith I, Moretti DV, Nobili F, Olichney J, Onofij M, Palop JJ, Rowan M, Stocchi F, Struzik ZM, Tanila H, Teipel S, Taylor JP, Weiergräber M, Yener G, Young-Pearse T, Drinkenburg WH, Randall F. What electrophysiology tells us about Alzheimer's disease: a window into the synchronization and connectivity of brain neurons. *Neurobiol Aging*. 2020;85:58-73. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.09.008.

17. Giustiniani A, Danesin L, Bozzetto B, Macina A, Benavides-Varela S, Burgio F. Functional changes in brain oscillations in dementia: a review. *Rev Neurosci*. 2022;34(1):25-47. doi: 10.1515/revneuro-2022-0010.

18. Pascarella A, Manzo L, Ferlazzo E. Modern neurophysiological techniques indexing normal or abnormal brain aging. *Seizure*. 2024; S1059-1311(24)00194-8. doi: 10.1016/j.seizure.2024.07.001.

19. Pollari F, Hitzl W, Vogt F, Cuomo M, Schwab J, Söhn C, Kalisnik JM, Langhammer C, Bertsch T, Fischlein T, Pfeiffer S. Aortic valve calcification as a risk factor for major complications and reduced survival after transcatheter replacement. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2020;14(4):307-313. doi: 10.1016/j.jcct.2019.12.001.

20. Maier O, Bosbach G, Piayda K, Afzal S, Polzin A, Westenfeld R, Jung C, Kelm M, Zeus T, Veulemans V. Cerebrovascular Events after Transcatheter Aortic Valve Replacement: The Difficulty in Predicting the Unpredictable. *J Clin Med*. 2022;11(13):3902. doi: 10.3390/jcm11133902.

21. Fefer P, Bogdan A, Grossman Y, Berkovitch A, Brodov Y, Kuperstein R, Segev A, Guetta V, Barbash IM. Impact of Rapid Ventricular Pacing on Outcome After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Heart Assoc*. 2018;7(14):e009038. doi: 10.1161/JAHA.118.009038.

22. Brodt J, Vladinov G, Castillo-Pedraza C, Cooper L, Maratea E. Changes in cerebral oxygen saturation during transcatheter aortic valve replacement. *J Clin Monit Comput*. 2016;30(5):649-53. doi: 10.1007/s10877-015-9758-8.

REFERENCES

1. Dautzenberg L, Pals JEM, Lefeber GJ, Stella PR, Abawi M, Emmelot-Vonk M, Koek HL. Predictors of clinical outcome following transcatheter aortic valve implantation: a prospective cohort study. *Open Heart*. 2021 Sep;8(2):e001766. doi: 10.1136/openhrt-2021-001766.

2. Protopopov A.V., Ganjukov V.I., Tarasov R.S. Transcatheter interventions for heart valve pathology. Krasnojarsk: Verso, 2021. 528 s. (In Russ.) ISBN 978-5-94285-214-6.

3. Seeger J, Virmani R, Romero M, Gonska B, Rottbauer W, Wöhrle J. Significant Differences in Debris Captured by the Sentinel Dual-Filter Cerebral Embolic Protection During Transcatheter Aortic Valve Replacement Among Different Valve Types. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018 Sep 10;11(17):1683-1693. doi: 10.1016/j.jcin.2018.06.018.

4. Zhang D, Dai X, Wang C, Han K, Wang J, Dong Y, Chen J, Hou L. Aortic valve calcification and risk of stroke: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2018 Sep;55:32-37. doi: 10.1016/j.jocn.2018.07.016.

5. Pagnesi M, Martino EA, Chiarito M, Mangieri A, Jabbour RJ, Van Mieghem NM, Kodali SK, Godino C, Landoni G, Colombo A, Latib A. Silent cerebral injury after transcatheter aortic valve implantation and the preventive role of embolic protection devices: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2016;221:97-106. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.06.143.

6. Vlastra W, van Nieuwkerk AC, Bronzwaer AGT, Versteeg A, Bron EE, Niessen WJ, Mutsaerts HJMM, van der Ster BJP, Majoie CBLM, Biessels GJ, Nederveen AJ, Daemen MJAP, van Osch MJP, Baan J, Piek JJ, Van Lieshout JJ, Delewi R. Cerebral Blood Flow in Patients with Severe Aortic Valve Stenosis

- Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation. *J Am Geriatr Soc.* 2021 Feb;69(2):494-499. doi: 10.1111/jgs.16882.
7. Arefayne NR, Berhe YW, van Zundert AA. Incidence and Factors Related to Prolonged Postoperative Cognitive Decline (POCD) in Elderly Patients Following Surgery and Anaesthesia: A Systematic Review. *J Multidiscip Healthc.* 2023;16:3405-3413. doi: 10.2147/JMDH.S431168.
8. Zozulya MV, Lenkin AI, Kurapeev IS, Lebedinskii KM. Postoperative cognitive disorders: the pathogenesis, methods of prevention and treatment. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology.* 2019;(3):25-33. (In Russ.) doi: 10.17116/anaesthesiology201903125
9. Abdul-Jawad Altisent O, Ferreira-Gonzalez I, Marsal JR, Ribera A, Auger C, Ortega G, Cascant P, Urena M, Del Blanco BG, Serra V, Sureda C, Igual A, Rovira A, González-Alujas MT, Gonzalez A, Puri R, Cuellar H, Tornos P, Rodés-Cabau J, Garcia-Dorado D. Neurological damage after transcatheter aortic valve implantation compared with surgical aortic valve replacement in intermediate risk patients. *Clin Res Cardiol.* 2016;105(6):508-17. doi: 10.1007/s00392-015-0946-9.
10. Tarasova I.V., Tarasov R.S., Syrova I.D., Sosnina A.S., Kupriyanova D.S., Kolesnikov A.Yu., Trubnikova O.A., Ganyukov V.I. Clinical and neurophysiological outcomes of transcatheter aortic valve implantation. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2023; 11 (3): 57–67. (In Russ) doi: 10.33029/2308-1198-2023-11-3-57-67.
11. Schoenenberger AW, Zuber C, Moser A, Zwahlen M, Wenaweser P, Windecker S, Carrel T, Stuck AE, Stortecky S. Evolution of Cognitive Function After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Circ Cardiovasc Interv.* 2016;9(10):e003590. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS
12. Olszewska-Turek K, Tokarek T, Dziewierz A, Rajtar-Zembaty A, Partyński B, Sorysz D, Dariusz Dudek, Bętkowska-Korpała B. Changes in cognitive functions and quality of life in patients after transcatheter aortic valve implantation. *Postepy Kardiol Interwencyjne.* 2020;16(1):82-88. doi: 10.5114/aic.2020.93915.
13. Tarasova I.V., Tarasov R.S., Trubnikova O.A., Ganyukov V.I. The methodological approach to the assessment of the neurophysiological status in patients with transcatheter aortic valve implantation. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(2):6-17. (In Russ.) doi: 10.17802/2306-1278-2022-11-2-6-16.
14. Besir B, Kapadia SR. Cerebral Embolic Protection: Is There a Benefit for Left Atrial and Mitral Valve Procedures? *Curr Cardiol Rep.* 2024;26(12):1341-1346. doi: 10.1007/s11886-024-02132-4.
15. Mangold AS, Benincasa S, Sanders BM, Patel K, Mitrev L. Neurological Complications After Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Review. *Anesth Analg.* 2024;139(5):986-996. doi: 10.1213/ANE.0000000000007087.
16. Babiloni C, Blinowska K, Bonanni L, Cichocki A, De Haan W, Del Percio C, Dubois B, Escudero J, Fernández A, Frisoni G, Guntekin B, Hajos M, Hampel H, Ifeakor E, Kilborn K, Kumar S, Johnsen K, Johannsson M, Jeong J, LeBeau F, Lizio R, Lopes da Silva F, Maestú F, McGeown WJ, McKeith I, Moretti DV, Nobili F, Olichney J, Onofrij M, Palop JJ, Rowan M, Stocchi F, Struzik ZM, Tanila H, Teipel S, Taylor JP, Weiergräber M, Yener G, Young-Pearse T, Drinkenburg WH, Randall F. What electrophysiology tells us about Alzheimer's disease: a window into the synchronization and connectivity of brain neurons. *Neurobiol Aging.* 2020;85:58-73. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.09.008.
17. Giustiniani A, Danesin L, Bozzetto B, Macina A, Benavides-Varela S, Burgio F. Functional changes in brain oscillations in dementia: a review. *Rev Neurosci.* 2022;34(1):25-47. doi: 10.1515/revneuro-2022-0010.
18. Pascarella A, Manzo L, Ferlazzo E. Modern neurophysiological techniques indexing normal or abnormal brain aging. *Seizure.* 2024; S1059-1311(24)00194-8. doi: 10.1016/j.seizure.2024.07.001.
19. Pollari F, Hitzl W, Vogt F, Cuomo M, Schwab J, Söhn C, Kalisnik JM, Langhammer C, Bertsch T, Fischlein T, Pfeiffer S. Aortic valve calcification as a risk factor for major complications and reduced survival after transcatheter replacement. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2020;14(4):307-313. doi: 10.1016/j.jcct.2019.12.001.
20. Maier O, Bosbach G, Piayda K, Afzal S, Polzin A, Westenfeld R, Jung C, Kelm M, Zeus T, Veulemans V. Cerebrovascular Events after Transcatheter Aortic Valve Replacement: The Difficulty in Predicting the Unpredictable. *J Clin Med.* 2022;11(13):3902. doi: 10.3390/jcm11133902.
21. Fefer P, Bogdan A, Grossman Y, Berkovitch A, Brodov Y, Kuperstein R, Segev A, Guetta V, Barbash IM. Impact of Rapid Ventricular Pacing on Outcome After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Heart Assoc.* 2018;7(14):e009038. doi: 10.1161/JAHA.118.009038.
22. Brodt J, Vladinov G, Castillo-Pedraza C, Cooper L, Maratea E. Changes in cerebral oxygen saturation during transcatheter aortic valve replacement. *J Clin Monit Comput.* 2016;30(5):649-53. doi: 10.1007/s10877-015-9758-8.

Для цитирования: *Тарасова И.В., Куприянова Д.С., Соснина А.С., Сырова И.Д., Трубникова О.А., Тарасов Р.С. Нейрофизиологические показатели у пациентов после транскатетерной имплантации аортального клапана: влияние длительности вмешательства. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025;14(3): 16-26. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-3-16-26*

To cite: *Tarasova I.V., Kupriyanova D.S., Sosnina A.S., Syrova I.D., Trubnikova O.A., Tarasov R.S. Impact of duration of transcatheter aortic valve implantation on neurophysiological outcomes of patients after the intervention. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2025;14(3): 16-26. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-3-16-26*
