

УДК 617-089

DOI 10.17802/2306-1278-2020-9-1-6-14

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ПАЦИЕНТОВ С РАЗЛИЧНОЙ ТЯЖЕСТЬЮ ПОРАЖЕНИЯ КОРОНАРНОГО РУСЛА ЧЕРЕЗ ОДИН ГОД ПОСЛЕ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

И.В. Тарасова , Р.С. Тарасов, О.А. Трубникова, Д.С. Куприянова, О.Л. Барбараш

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- Впервые продемонстрирована значимость тяжести атеросклероза коронарных артерий по шкале SYNTAX в отношении отдаленных церебральных осложнений коронарного шунтирования.
- Показано, что у пациентов с показателем шкалы SYNTAX ≥ 23 через год после операции наблюдаются более выраженные изменения электрической активности мозга, отражающие проявления кортикальной дисфункции.

Цель Изучить изменения электрической активности мозга по данным мощности биопотенциалов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в отдаленном периоде (1 год) коронарного шунтирования (КШ) в зависимости от степени поражения коронарных артерий.

Материалы и методы

В проспективное когортное исследование включены 65 пациентов, которые разделены на две группы в зависимости от степени поражения коронарных артерий по шкале SYNTAX: первая группа ($n = 28$) – пациенты с умеренным поражением коронарных артерий, SYNTAX ≤ 22 ; вторая группа ($n = 37$) – с тяжелым поражением коронарных артерий, SYNTAX ≥ 23 . Исследования ЭЭГ проводились в предоперационном периоде (за 3–5 дней до КШ) и через год после вмешательства. Дисперсионный анализ с повторными сравнениями (ANOVA) использован для сравнения до- и послеоперационных показателей спектральной мощности биопотенциалов ЭЭГ в пяти кластерах правого и левого полушарий.

Результаты

Через год после КШ пациенты с показателем по шкале SYNTAX ≥ 23 имели более высокие значения мощности биопотенциалов тета1-ритма по сравнению с пациентами с SYNTAX ≤ 22 ($p = 0,018$), тогда как до операции межгрупповых различий по показателям тета1-ритма не наблюдалось. Кроме того, у пациентов с тяжелым поражением коронарных артерий (SYNTAX ≥ 23) наблюдалось увеличение мощности тета1-ритма через год после операции по сравнению с предоперационными значениями ($p = 0,017$), тогда как у пациентов с SYNTAX ≤ 22 такого результата не выявлено.

Заключение

У пациентов с тяжелой патологией коронарных артерий (SYNTAX ≥ 23) через год после КШ выявлены изменения количественной ЭЭГ, отражающие проявления кортикальной дисфункции. Продемонстрирована значимость тяжести коронарного атеросклероза, оцениваемой по шкале SYNTAX, как интегрального показателя, косвенно характеризующего нейрофизиологический статус пациентов.

Ключевые слова

Коронарный атеросклероз • Шкала SYNTAX • Количественная электроэнцефалография • Тета-ритм • Коронарное шунтирование • Отдаленные результаты

Поступила в редакцию: 04.10.19; поступила после доработки: 26.10.19; принята к печати: 12.11.19

THE CHANGES OF BRAIN ELECTRIC ACTIVITY IN PATIENTS WITH DIFFERENT SEVERITY OF CORONARY ATHEROSCLEROSIS ONE-YEAR AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

I.V. Tarasova , R.S. Tarasov, O.A. Trubnikova, D.S. Kupriyanova, O.L. Barbarash

Для корреспонденции: Ирина Валерьевна Тарасова, taraiv@kemcardio.ru; адрес: Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Россия, 650002

Corresponding author: Tarasova Irina V., taraiv@kemcardio.ru; address: 6, Sosnoviy blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

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

Highlights

- The article reports the results of the first study examining the significance of the severity of coronary atherosclerosis, objectively assessed by the SYNTAX scale, in relation to the long-term complications after coronary artery bypass grafting.
- Patients with the SYNTAX score ≥ 23 have shown more pronounced changes in the brain electrical activity at one year after surgery manifesting cortical dysfunction.

Aim	To examine the brain electrical activity changes with the quantitative electroencephalogram (qEEG) indicators (the spectral power) in patients at 1 year after on-pump coronary artery bypass grafting (CABG) depending on the severity of the coronary lesions.
Methods	65 patients were included in the study. Before performing CABG, they were divided into two groups depending on the severity of coronary artery disease according to the SYNTAX score: patients with mild coronary artery lesions – SYNTAX ≤ 22 , (n = 28) and patients with severe coronary lesions – SYNTAX ≥ 23 , (n = 37). EEG studies were performed in the preoperative period (at days 3–5 before CABG) and 1 year after surgery. Variance analysis with repeated comparisons (ANOVA) was used to compare pre-and postoperative EEG spectral power indicators in five clusters of the right and left hemispheres.
Results	Patients with SYNTAX ≥ 23 had higher theta rhythm power values as compared with patients with SYNTAX ≤ 22 (p = 0.018) at 1 year after CABG, whereas these groups were comparable before the surgery. In addition, patients with severe lesions of the coronary arteries (SYNTAX ≥ 23) demonstrated an increase of theta rhythm power at 1 year after surgery in comparison to preoperative values (p = 0.017), this effect was not detected in patients with SYNTAX ≤ 22 .
Conclusion	One year after CABG, patients with severe coronary lesions (SYNTAX ≥ 23), demonstrated qEEG changes that resembled cortical dysfunction, showing significance of severity of coronary atherosclerosis, assessed by the SYNTAX score, as an integral indicator, indirectly characterizing neurophysiological status of patients.
Keywords	Severity of coronary atherosclerosis • SYNTAX score • Quantitative EEG • Theta rhythm • Coronary artery bypass surgery • Long-term results

Received: 04.10.19; received in revised form: 26.10.19; accepted: 12.11.19

Список сокращений

КШ	– коронарное шунтирование	MMSE	– Краткая шкала оценки психического статуса (Mini-mental State Examination)
ИК	– искусственное кровообращение	SOFA	– Шкала оценки органной недостаточности, риска смертности и сепсиса у пациентов в отделении интенсивной терапии и реанимации (Sequential Organ Failure Assessment)
MPT	– магнитно-резонансная томография		
ЭЭГ	– электроэнцефалограмма		
BDI-II	– Шкала депрессии Бека (Beck Depression Inventory)		
FAB	– Батарея тестов лобной дисфункции (Frontal Assessment Battery)		

Введение

На сегодняшний день получены противоречивые данные о клинических факторах, которые несут в себе риск прогрессирующего повреждения мозга в отдаленном послеоперационном периоде сердечно-сосудистых вмешательств. Тяжесть атеросклероза коронарных артерий может быть тем значимым показателем, который следует учитывать при

оценке отдаленных неврологических и когнитивных исходов в сердечно-сосудистой хирургии. Обнаружено, что степень тяжести атеросклероза коронарных артерий значимо коррелирует со степенью атеросклероза в грудной аорте, так же как нестабильность атероматозных бляшек в грудной аорте связана с нестабильностью коронарных бляшек [1]. Более того, степень выраженности атеросклероза

коронарных артерий может косвенно указывать на степень стеноза других сосудистых зон, в частности экстрацеребральных и церебральных артерий [2]. С другой стороны, одной из причин неблагоприятных неврологических событий после коронарного шунтирования (КШ) являются активные и продолжительные манипуляции с восходящей аортой при формировании шунтов, которые приводят к массивной микроэмболии мозговых сосудов [3, 4].

Шкала SYNTAX разработана для объективной количественной оценки тяжести атеросклероза коронарных артерий [5]. Некоторые исследования продемонстрировали, что шкала имеет прогностическую ценность также в отношении ранних неврологических осложнений КШ [4, 6]. W. Pawliszak и соавт. показали, что у пациентов с тяжелыми поражениями коронарных артерий (SYNTAX ≥ 23) через 7 дней после планового КШ наблюдалось более выраженное снижение внимания и исполнительных функций по сравнению с пациентами с умеренными поражениями коронарных артерий [4]. В нашем предыдущем исследовании тяжесть атеросклероза коронарных артерий, оцениваемая по шкале SYNTAX, являлась фактором риска предоперационного когнитивного дефицита [7].

Количественная электроэнцефалография (ЭЭГ) – эффективный инструмент раннего выявления и классификации повреждений головного мозга [8–11]. Исследования показывают, что изменения электрической активности мозга в течение послеоперационного периода КШ отражают тяжесть кортикальной дисфункции, вызванной периоперационными факторами, в частности эпизодами ишемии головного мозга [12–14]. Однако характеристики электрической активности, сопровождающие повреждение головного мозга вследствие комплекса факторов, связанных с операцией на сердце в условиях искусственного кровообращения (ИК), изучены недостаточно. Нет сведений о влиянии степени поражения коронарных артерий на послеоперационные изменения ЭЭГ в отдаленном периоде КШ. Между тем предполагается, что отрицательные изменения ЭЭГ у пациентов с большей тяжестью поражения коронарных артерий могут сохраняться после операции в течение более длительного периода, чем у пациентов с умеренным коронарным атеросклерозом.

Цель исследования – изучение изменений показателей мощности биопотенциалов ЭЭГ у пациентов с умеренным и тяжелым поражением коронарных артерий через год после коронарного шунтирования.

Материалы и методы

Пациенты

В проспективное когортное исследование с февраля 2010 г. по ноябрь 2015 г. включены пациенты с ишемической болезнью сердца, подготовленные

для планового вмешательства в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний». Дизайн исследования одобрен локальным этическим комитетом учреждения. Письменное информированное согласие на участие в исследовании получено от всех пациентов.

Критерии включения: плановое КШ в условиях ИК, мужской пол, возраст от 45 до 69 лет, праворукость. Из исследования исключали пациентов с анамнезом жизнеугрожающих нарушений ритма, сердечной недостаточности IV функционального класса по данным Нью-Йоркской ассоциации кардиологов, хронической обструктивной болезнью легких, злокачественными новообразованиями, нарушениями мозгового кровообращения и травмами головного мозга, стенозами сонных артерий более 50%, психическими заболеваниями; злоупотреблявших алкоголем или наркотиками.

Перед включением в исследование всем пациентам проводили нейропсихологический скрининг с помощью шкал MMSE (Mini-mental State Examination, Краткая шкала оценки психического статуса) и FAB (Frontal Assessment Battery, Батарея тестов лобной дисфункции), оценивали личностную и ситуационную тревожность согласно опроснику Спилбергера – Ханина, депрессию – с помощью BDI-II (Beck Depression Inventory, Шкала депрессии Бека). Пациенты с начальными депрессивными симптомами, идентифицированными по BDI-II, деменцией (суммарный балл по шкале MMSE ≤ 24 , FAB ≤ 11) также исключены из исследования.

В зависимости от степени поражения коронарных артерий, оцененной интервенционным кардиологом с использованием калькулятора шкалы SYNTAX (www.syntaxscore.com), 65 пациентов разделены на две группы: первая (n = 28) – пациенты с умеренным поражением коронарных артерий, SYNTAX ≤ 22 ; вторая (n = 37) – с тяжелым поражением коронарных артерий, SYNTAX ≥ 23 [6]. До операции две группы были сопоставимы по большинству клинико-анамнестических параметров (*таблица*).

Коронарное шунтирование осуществлялось в условиях нормотермического ИК, перфузия и комбинированная эндотрахеальная анестезия проводились стандартно [13]. Среднее время ИК у пациентов исследуемых групп приведено в *таблице*.

В течение всего времени операции инвазивно мониторировались базовые гемодинамические параметры, кроме того, регистрировались показатели оксигенации коры головного мозга (rSO₂); эпизодов гипотонии и гипоксии не отмечено.

ЭЭГ-исследования

Монопольная ЭЭГ высокого разрешения с частотой 1000 Гц регистрировалась за 3–5 дней до КШ

и через год после операции, в состоянии покоя с закрытыми (5 мин) и открытыми глазами (5 мин) с использованием системы регистрации Neuroscan Synamps (Neuroscan Inc., США). Испытуемые сидели в удобном кресле в затемненной комнате со звукоизоляцией. Шестьдесят два электрода были размещены по международной системе 10–20. Референтный электрод был прикреплен к кончику носа, а заземляющий электрод – к центру лба. Сопротивление каждого электрода поддерживалось на уровне <10 кОм. Полученные данные ЭЭГ проанализированы в автономном режиме. Проведена визуальная инспекция артефактов записи от движений глаз, электромиографических и других артефактов. Фрагменты ЭЭГ без артефактов были разделены на двухсекундные отрезки и подвергнуты трансформации Фурье для расчета показателей спектральной мощности биопотенциалов ЭЭГ. Для анализа ЭЭГ использовались стандартные диапазоны ЭЭГ: тета1 (4–6 Гц), тета2 (6–8 Гц), альфа1 (8–10 Гц), альфа2 (10–13 Гц), бета1 (13–20 Гц) и бета2 (20–30 Гц) [10, 15]. Расчет показателей спектральной мощности биопотенциалов осуществлялся отдельно для каждого пациента, канала ЭЭГ и отдельно для состояний закрытых и открытых глаз. Данные были логарифмированы для нормализации распределения.

Статистический анализ

Для статистического анализа всех переменных использован пакет программного обеспечения

STATISTICA 10.0 (StatSoft, США). Средние значения и стандартное отклонение рассчитывали для количественных клинических и анамнестических данных. Анализ количественных показателей с ненормальным распределением проведен с помощью непараметрических критериев Уилкоксона и Манна – Уитни. Качественные показатели анализировали с использованием критерия Пирсона (χ^2) с поправкой Йетса. Статистический анализ данных спектральной мощности биопотенциалов ЭЭГ выполнен для пяти кластеров в каждом полушарии: фронтальный (сумма значений мощности в каналах Fp1 + Fp2 + AF3 + AF4 + F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8), центральный (FC1 + FC2 + FC3 + FC4 + FC5 + FC6 + C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6), височный (FT7 + FT8 + T7 + T8 + TP7 + TP8), теменной (CP1 + CP2 + CP3 + CP4 + CP5 + CP6 + P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8) и затылочный (PO3 + PO4 + PO5 + PO6 + PO7 + PO8 + O1 + O2). Отведения средней линии (Fpz, Fz и т. д.) исключены.

Дисперсионный анализ с повторными сравнениями (ANOVA) проведен с учетом факторов «ГРУППА» (пациенты с показателями по шкале SYNTAX ≤ 22 и ≥ 23 баллов), «ВРЕМЯ» (до и через год после операции), «ОБЛАСТЬ» (пять кластеров) и «ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ» (левое или правое полушарие). Поправка Гринхауза – Гейссера применена ко всем анализам ANOVA. Межгрупповые различия определяли путем плановых сравнений и post-hoc анализа с поправкой Ньюмана – Кейлса. Значения $p < 0,05$ считались статистически значимыми.

Таблица. Исходные клинико-анамнестические, нейропсихологические и периоперационные характеристики пациентов с умеренным и тяжелым поражением коронарного русла

Table. Baseline clinical and demographic, neuropsychological and perioperative characteristics of patients with mild and severe coronary disease

Показатели / Parameters	SYNTAX ≤ 22 (n = 28)	SYNTAX ≥ 23 (n = 37)	p
Возраст, годы / Age, years, M \pm σ	57,1 \pm 4,64	56,9 \pm 5,14	0,77
Анамнез ИБС, годы / History of CAD, years, M \pm σ	4,03 \pm 3,46	4,71 \pm 4,42	0,15
Фракция выброса левого желудочка до КШ / Left ventricular ejection fraction before surgery, %, M \pm σ	58,7 \pm 5,98	57,3 \pm 10,35	0,95
Сахарный диабет / Diabetes mellitus, n (%)	10 (36)	10 (27)	0,43
Стеноз сонных артерий $\leq 50\%$ / Carotid artery stenosis $\leq 50\%$, n (%)	10 (36)	11 (30)	0,44
Функциональный класс ХСН по NYHA / NYHA functional class, n (%)			
I-II	24 (86)	32 (87)	0,68
III	4 (14)	5 (13)	
MMSE, баллы / scores, M \pm σ	27,7 \pm 1,41	27,4 \pm 1,36	0,24
FAB, баллы / scores, M \pm σ	16,3 \pm 1,31	16,2 \pm 1,37	0,91
Ситуационная тревожность, баллы / State anxiety, scores, M \pm σ	21,7 \pm 7,68	21,8 \pm 6,09	0,84
Личностная тревожность, баллы / Trait anxiety, scores, M \pm σ	38,8 \pm 6,81	39,64 \pm 5,63	0,33
BDI-II, баллы / scores, M \pm σ	2,9 \pm 2,02	2,85 \pm 1,65	0,73
Среднее время ИК, мин / Mean time of cardiopulmonary bypass, min, M \pm σ	89,7 \pm 28,39	102,3 \pm 25,43	0,17
SOFA, баллы / scores, M \pm σ	3,8 \pm 2,42	3,8 \pm 1,49	0,53

Примечание: КШ – коронарное шунтирование; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ИК – искусственное кровообращение; BDI-II – Шкала депрессии Бека; FAB – Батарея тестов лобной дисфункции; MMSE – Краткая шкала оценки психического статуса; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация кардиологов; SOFA – Шкала оценки органной недостаточности, риска смертности и сепсиса у пациентов в отделении интенсивной терапии и реанимации.

Note: MMSE – Mini Mental State Examination; FAB – Frontal Assessment Battery; BDI-II – Beck Depression Inventory; NYHA – New York Heart Association; SOFA – Sequential Organ Failure Assessment.

Результаты

Через год после КШ у обследованных пациентов с умеренным и тяжелым поражением коронарного русла не наблюдалось неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов, включая инфаркт миокарда, инсульт или преходящие нарушения мозгового кровообращения, а также не отмечена повторная госпитализация по поводу нестабильной стенокардии.

Анализ мощности биопотенциалов ЭЭГ выявил изменения, связанные с межгрупповыми различиями через год после КШ только для тета1-диапазона. Взаимодействие группа × время ($F_{1,63} = 4,12$; $p = 0,047$) обнаружено для показателей мощности биопотенциалов тета1-ритма при закрытых глазах. Взаимодействие факторов характеризовалось тем, что группы не имели различий до операции, но через год после КШ пациенты с показателями SYNTAX ≥ 23 имели значимо более высокую мощность биопотенциалов ритма по сравнению с пациентами с SYNTAX ≤ 22 ($p = 0,018$). Кроме того, у пациентов с тяжелым поражением коронарных артерий (SYNTAX ≥ 23) наблюдалось статистически значимое увеличение мощности тета1-ритма через год после операции по сравнению с дооперационными значениями ($p = 0,017$), тогда как у пациентов с SYNTAX ≤ 22 такого эффекта не выявлено (рис. 1).

Для состояния открытых глаз в тета1-диапазоне также обнаружены статистически значимые региональные и латеральные различия между группами с умеренным и тяжелым поражением коронарных артерий. Взаимодействие группа × время × область ($F_{4,252} = 3,73$; $p = 0,03$) показало, что наибольшие

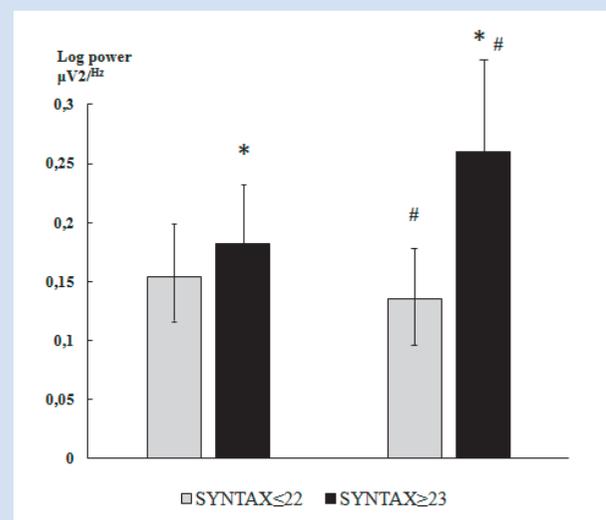


Рисунок 1. Изменения мощности биопотенциалов тета1-ритма при закрытых глазах у пациентов с умеренным и тяжелым поражением коронарных артерий

Примечание: Светлые столбики – дооперационные показатели, темные столбики – после коронарного шунтирования; #, * – различия со статистической значимостью $p < 0,05$.

Figure 1. Changes in the theta1 rhythm power with eyes closed in patients with mild and severe coronary artery disease. Light bars – preoperative indicators, dark bars – after coronary surgery
Note: The signs # and * – indicate differences with the statistical significance of $p < 0.05$.

изменения мощности биопотенциалов тета1-ритма в отдаленном послеоперационном периоде (год после КШ) наблюдались в задних регионах коры мозга. У пациентов с SYNTAX ≥ 23 баллов обнаружено увеличение мощности ритма, тогда как у пациентов с SYNTAX ≤ 22 различий не выявлено (рис. 2).

Второе взаимодействие группа × время × латеральность ($F_{1,63} = 5,18$; $p = 0,026$) продемонстрировало, что перед КШ у пациентов с умеренным поражением коронарного русла в отличие от пациентов с тяжелым атеросклерозом коронарных артерий наблюдалась латеральная асимметрия мощности тета1-ритма (более высокие значения в левом полушарии по сравнению с правым).

Через год после операции только в группе пациентов с тяжелым поражением коронарных артерий (SYNTAX ≥ 23) наблюдалось увеличение мощности биопотенциалов тета1-ритма как в левом ($p = 0,0025$), так и правом полушарии ($p = 0,02$). У пациентов с показателем SYNTAX ≤ 22 латеральная асимметрия сохранилась без существенной динамики, а у пациентов с SYNTAX ≥ 23 латеральные различия через год после КШ, как и до операции, отсутствовали ($p = 0,049$) (рис. 3).

Обсуждение

В нашем исследовании установлено, что изменения электрической активности головного мозга у пациентов через год после КШ зависят от исходной степени тяжести атеросклероза коронарных артерий. Пациенты с показателями шкалы SYNTAX ≥ 23 продемонстрировали в отдаленном послеоперационном периоде увеличение мощности биопотенциалов

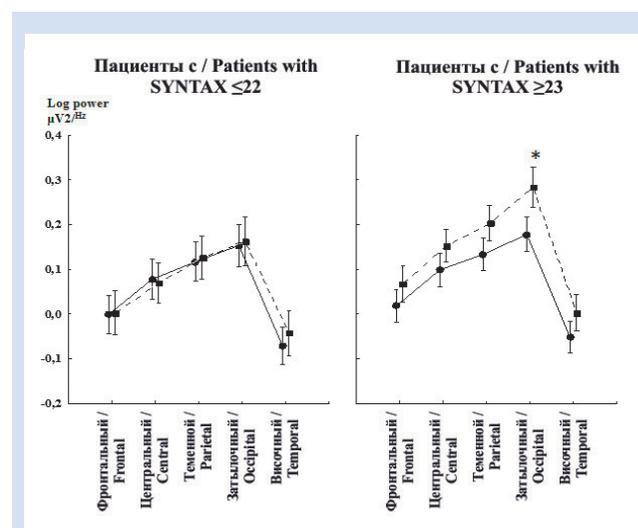


Рисунок 2. Региональные различия мощности биопотенциалов тета1-ритма при открытых глазах у пациентов с умеренным и тяжелым поражением коронарных артерий

Примечание: Сплошные линии – дооперационные показатели, пунктирные линии – через год после КШ; * – различия со статистической значимостью $p < 0,05$.

Figure 2. Regional differences in the theta1 rhythm power with eyes open in patients with mild and severe coronary artery disease
Note: The solid lines indicate the preoperative indices, the dotted lines – 1 year after coronary surgery; * – the sign indicates differences with the statistical significance of $p < 0.05$.

тета1-ритма по сравнению с предоперационными значениями, что указывает на выраженную кортикальную дисфункцию. У пациентов с показателем SYNTAX ≤ 22 через год после операции мощность тета1-ритма снижалась до исходных предоперационных значений.

В проведенных ранее исследованиях выдвинуто предположение, что увеличение активности медленных волн в раннем послеоперационном периоде КШ может быть связано с интраоперационным ишемическим-гипоксическим повреждением нейронов вследствие эпизодов гипоперфузии и микроэмболии при проведении ИК [16, 17]. Кроме того, для пациентов с тяжелыми поражениями коронарных артерий требуются более активные и продолжительные манипуляции с восходящей аортой при формировании шунтов, что может привести к более массивному оттоку микроэмболов в артерии головного мозга [18, 19]. Также большее количество пораженных коронарных сосудов связано с увеличением времени ИК, площади операционной травмы и, соответственно, с более выраженным системным воспалительным ответом [20]. Кроме того, по данным S. Miyazaki и соавт., пациенты с тяжелым атеросклерозом коронарных артерий, кандидаты на КШ, чаще имеют «немые» инфаркты головного мозга и интракраниальные стенозы мозговых артерий по данным МР-ангиографии, чем пациенты, которые не имеют показаний к хирургии коронарных артерий [21]. P. Kovacevic и соавт. установили, что тяжесть атеросклероза коронарных артерий напрямую связана с экстра- и интракраниальными сосудистыми поражениями и риск ишемических осложнений при проведении ИК резко возрастает [22]. Есть сведения, что вмешательство на коронарных артериях может спровоцировать рост атеросклеротических бляшек внутри других артерий, в частности экстра- и интракраниальных [23, 24].

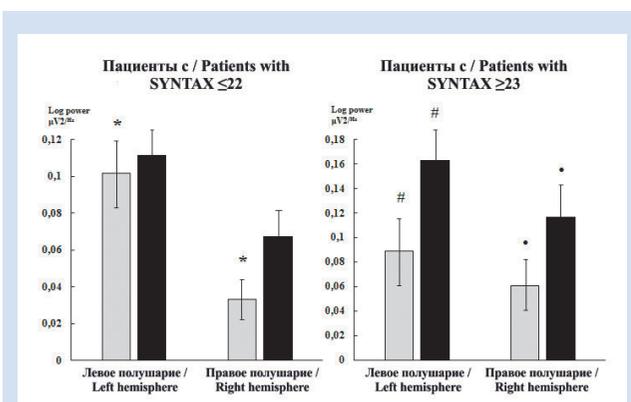


Рисунок 3. Латеральные различия мощности биопотенциалов тета1-ритма при открытых глазах у пациентов с умеренным и тяжелым поражением коронарных артерий

Примечание: Светлые столбики – дооперационные показатели, темные столбики – после коронарного шунтирования; *, #, • – различия со статистической значимостью $p < 0,05$.

Figure 3. Lateral differences in the theta1 rhythm power with eyes open in patients with mild and severe coronary artery disease
Note: Light bars – preoperative indicators, dark bars – after coronary surgery; the signs * # • – indicate differences with the statistical significance of $p < 0,05$.

Ранее мы обнаружили, что у пациентов с показателями шкалы SYNTAX ≥ 23 баллов послеоперационное увеличение мощности биопотенциалов тета1-ритма по сравнению с предоперационными данными сохраняется в течение месяца наблюдения после КШ [6]. В настоящей работе продемонстрировано длительное замедление ЭЭГ у пациентов с тяжелым поражением коронарных артерий в течение года после сердечно-сосудистого вмешательства. Это может свидетельствовать о том, что категория пациентов с показателями шкалы SYNTAX ≥ 23 баллов ассоциирована с рядом факторов: предоперационных, таких как большая выраженность атеросклеротических изменений в мозговых артериях; интраоперационных – увеличенный поток микроэмболов в мозговые артерии, длительное время ИК; послеоперационных – более активный системный воспалительный ответ и прогрессирование атеросклероза сонных артерий.

Подчеркнем, что имеющиеся в настоящее время клиничко-ангиографические шкалы в первую очередь позволяют прогнозировать клинические исходы сердечно-сосудистых вмешательств. Тем не менее результаты этого исследования показали, что шкала SYNTAX может быть эффективным инструментом прогнозирования неврологических последствий у пациентов, перенесших КШ: установлено, что высокие показатели шкалы SYNTAX связаны с сохранением негативных изменений электрической активности мозга через год после вмешательства.

Ограничения исследования

Основное ограничение исследования – небольшой объем выборки ($n = 65$). В дальнейших исследованиях мы планируем увеличить количество пациентов. Кроме того, мы анализировали только спектральную мощность ЭЭГ в качестве индикатора функций мозга. Для лучшего понимания процессов, происходящих в головном мозге в послеоперационном периоде сердечно-сосудистых вмешательств у пациентов с различной степенью атеросклероза коронарных артерий, желательно соотнести результаты нейрофизиологических исследований и тестирования когнитивных функций. Это входит в задачи наших последующих исследований.

Заключение

У пациентов с показателем шкалы SYNTAX ≥ 23 баллов через год после коронарного шунтирования отмечалось увеличение мощности биопотенциалов тета1-ритма по сравнению с предоперационными значениями, тогда как у пациентов с показателем SYNTAX ≤ 22 электрическая активность мозга не изменилась. Таким образом, изменения количественной ЭЭГ у пациентов, перенесших сердечно-сосудистое вмешательство, отражают проявления кортикальной дисфункции и через год наблюдения.

Продемонстрирована значимость тяжести атеросклероза коронарных артерий, оцениваемой по шкале SYNTAX, как интегрального показателя, косвенно характеризующего нейрофизиологический статус пациентов. Перспективным представляется изучение шкалы SYNTAX как дополнительного инструмента скрининга пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, имеющих риск послеоперационных неврологических осложнений.

Конфликт интересов

И.В. Тарасова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Тарасов входит в редакционную

коллегию журнала КПССЗ. О.А. Трубникова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.С. Куприянова заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.Л. Барбараш входит в редакционную коллегию журнала КПССЗ.

Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН №0546-2019-0003 «Мультифокальный атеросклероз и коморбидные состояния. Особенности диагностики, управления рисками в условиях крупного промышленного региона Сибири».

Информация об авторах

Тарасова Ирина Валерьевна, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ультразвуковых и электрофизиологических методов исследований отдела диагностики сердечно-сосудистых заболеваний федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-6391-0170

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

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

Куприянова Дарья Сергеевна, лаборант-исследователь лаборатории ультразвуковых и электрофизиологических методов исследований отдела диагностики сердечно-сосудистых заболеваний федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9750-5536

Барбараш Ольга Леонидовна, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

Вклад авторов в статью

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

TRC – интерпретация данных исследования, написание статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

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

Author Information Form

Tarasova Irina V., PhD, leading researcher at the Laboratory of Ultrasound and Electrophysiological Research Methods, Department of Cardiovascular Disease Diagnosis, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-6391-0170

Tarasov Roman S., PhD, Head of the Laboratory for Reconstructive Surgery of Multivessel and Polyvascular Disease, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

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

Kupriyanova Darya S., laboratory assistant at the Laboratory of Ultrasound and Electrophysiological Research Methods, Department of Cardiovascular Disease Diagnosis, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9750-5536

Barbarash Olga L., PhD., Professor, Corresponding Member of the RAS, Director of the Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation.

Author Contribution Statement

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

TRS – data interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

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

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

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

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

BOL – contribution to the concept and design of the study, data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aono J., Ikeda S., Katsumata Y., Higashi H., Ohshima K., Ishibashi K., Matsuoka H., Watanabe K., Hamada M. Correlation between plaque vulnerability of aorta and coronary artery: an evaluation of plaque activity by direct visualization with angioscopy. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2015; 31(6): 1107-1114. doi: 10.1007/s10554-015-0669-z.
2. Tao H., Wang Y., Zhou X., Zhong W., Zhou H., Li K., Zhao B. Angiographic correlation and synergistic effect of coronary artery stenosis and cerebral artery stenosis: a retrospective study. *Med Sci Monit*. 2014; 20:1902-1907. doi: 10.12659/MSM.892271.
3. Emmert M.Y., Grünenfelder J., Scherman J., Cocchieri R., van Boven W.J., Falk V., Salzberg S.P. HEARTSTRING enabled no-touch proximal anastomosis for off-pump coronary artery bypass grafting: current evidence and technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013; 17(3): 538-41. doi: 10.1093/icvts/ivt237.
4. Pawliszak W., Kowalewski M., Raffa GM, Malvindi PG, Kowalkowska ME, Szwed KA, Borkowska A, Kowalewski J, Anisimowicz L. Cerebrovascular events after no-touch off-pump coronary artery bypass grafting, conventional side-clamp off-pump coronary artery bypass, and proximal anastomotic devices: a meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2016; 5(2). pii: e002802. doi: 10.1161/JAHA.115.002802.
5. Yadav M., Palmerini T., Caixeta A., Madhavan M.V., Sanidas E., Kirtane A.J., Stone G.W., Genereux P. Prediction of coronary risk by SYNTAX and derived scores: synergy between percutaneous coronary intervention with taxus and cardiac surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2013; 62(14):1219-1230. doi: 10.1016/j.jacc.2013.06.047
6. Tarasova I.V., Tarasov R.S., Trubnikova O.A., Barbarash O.L., Barbarash L.S. SYNTAX score effect on electroencephalography power dynamics in patients undergoing on-pump coronary artery bypass grafting. *BMC Neurosci*. 2013; 14: 95. doi: 10.1186/1471-2202-14-95.
7. Тарасова И.В., Кухарева И.Н., Барбараш О.Л. Электроэнцефалографические маркеры нарушений когнитивного статуса у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2016; 8(3): 43-47. doi: 10.14412/2074-2711-2016-3-43-47
8. Başar E. Brain oscillations in neuropsychiatric disease. *Dialogues Clin Neurosci*. 2013; 15(3): 291-300.
9. Sutter R., Kaplan P.W., Cervenka M.C., Thakur K.T., Asemota A.O., Venkatesan A., Geocadin R.G. Electroencephalography for diagnosis and prognosis of acute encephalitis. *Clin Neurophysiol*. 2015; 126(8): 1524-1531. doi: 10.1016/j.clinph.2014.
10. Тарасова И.В., Малева О.В., Чернобай А.Г., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Влияние умеренного когнитивного расстройства на изменения биоэлектрической активности мозга пациентов, перенесших коронарное шунтирование с искусственным кровообращением. *Неврологический журнал*. 2015; 20(5): 20-25.
11. Wabulya A., Lesser R.P., Llinas R., Kaplan P.W. Electroencephalography and brain MRI patterns in encephalopathy. *Clin EEG Neurosci*. 2016; 47(2): 150-156. doi: 10.1177/1550059415590058.
12. Reineke D., Winkler B., König T., Meszaros K., Sodeck G., Schönhoff F., Erdoes G., Czerny M., Carrel T. Minimized extracorporeal circulation does not impair cognitive brain function after coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015; 20(1):68-73. doi: 10.1093/icvts/ivu341.
13. Tarasova I.V., Maleva O.V., Tarasov R.S., Barbarash O.L., Barbarash L.S. The effect of mild cognitive impairment on EEG topographic changes after on-pump coronary artery bypass grafting. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2017; 1: 37-43.
14. Трубникова О.А., Тарасова И.В., Малева О.В., Каган Е.С., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Факторы развития стойкой послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов, перенесших коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения. *Терапевтический архив*. 2017; 89(9): 41-47. doi: 10.17116/terarkh201789941-47
15. Volf N.V., Tarasova I.V., Razumnikova O.M. Gender-related differences in changes in the coherence of cortical biopotentials during image-based creative thought: relationship with action efficacy. *Neurosci Behav Physiol*. 2010; 40(7): 793-799. doi: 10.1007/s11055-010-9328-y.
16. Голухова Е.З., Полунина А.Г., Лефтерова Н.П., Морелли О.Д., Бегачёв А.В. Электроэнцефалография как инструмент диагностики ишемических изменений головного мозга после аортокоронарного шунтирования. *Креативная кардиология*. 2012; 1: 107-122.
17. Тарасова И.В., Вольф Н.В., Сырова И.Д., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Умеренные когнитивные расстройства у пациентов с ишемической болезнью сердца: клинико-демографические и ЭЭГ-корреляты. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2014; 114(12): 89-93. doi: 10.17116/jnevro201411412189-93
18. Goto T., Maekawa K. Cerebral dysfunction after coronary artery bypass surgery. *J Anesth*. 2014; 28(2): 242-248. doi: 10.1007/s00540-013-1699-0.
19. Halkos M.E., Anderson A., Binongo J.N.G., Stringer A., Lasanajak Y., Thourani V.H., Lattouf O.M., Guyton R.A., Baio K.T., Sarin E., Keeling W.B., Cook N.R., Carssow K., Neill A., Glas K.E., Puskas J.D. Operative strategies to reduce cerebral embolic events during on- and off-pump coronary artery bypass surgery: A stratified, prospective randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Jun 16. pii: S0022-5223(17)31226-6. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.04.089.
20. Martinez-Comendador J., Alvarez J.R., Sierra J., Teijeira E., Adrio B. Preoperative statin therapy in cardiac surgery is more effective in patients who display operative activation of the inflammatory system. *Tex Heart Inst J*. 2013; 40(1): 42-49.
21. Miyazaki S., Yoshitani K., Miura N., Irie T., Inatomi Y., Ohnishi Y., Kobayashi J. Risk factors of stroke and delirium after off-pump coronary artery bypass surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011; 12(3): 379-383. doi: 10.1510/icvts.2010.248872.
22. Kovacevic P., Redzek A., Kovacevic-Ivanovic S., Velicki L., Ivanovic V., Kieffer E. Coronary and carotid artery occlusive disease: single center experience. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2012; 16(4): 483-490.
23. Tang T.Y., Howarth S.P., Miller S.R., Graves M.J., U-King-Im J.M., Li Z.Y., Walsh S.R., Hayes P.D., Varty K., Gillard J.H. Comparison of the inflammatory burden of truly asymptomatic carotid atheroma with atherosclerotic plaques in patients with asymptomatic carotid stenosis undergoing coronary artery bypass grafting: an ultrasmall superpara-magnetic iron oxide enhanced magnetic resonance study. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008; 35(4): 392-398. doi: 10.1016/j.ejvs.2007.10.019.
24. Masabni K., Sabik J.F., Raza S., Carnes T., Koduri H., Idrees J.J., Beach J., Riaz H., Shishebor M.H., Gornik H.L., Blackstone E.H. Nonselective carotid artery ultrasound screening in patients undergoing coronary artery bypass grafting: Is it necessary? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 151(2): 402-408. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.09.108.

REFERENCES

1. Aono J., Ikeda S., Katsumata Y., Higashi H., Ohshima K., Ishibashi K., Matsuoka H., Watanabe K., Hamada M. Correlation between plaque vulnerability of aorta and coronary artery: an evaluation of plaque activity by direct visualization with angiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2015; 31(6): 1107-1114. doi: 10.1007/s10554-015-0669-z.
2. Tao H., Wang Y., Zhou X., Zhong W., Zhou H., Li K., Zhao B. Angiographic correlation and synergistic effect of coronary artery stenosis and cerebral artery stenosis: a retrospective study. *Med Sci Monit*. 2014; 20:1902-1907. doi: 10.12659/MSM.892271.
3. Emmert M.Y., Grünenfelder J., Scherman J., Cocchieri R., van Boven W.J., Falk V., Salzbeg S.P. HEARTSTRING enabled no-touch proximal anastomosis for off-pump coronary artery bypass grafting: current evidence and technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013; 17(3): 538-41. doi: 10.1093/icvts/ivt237.
4. Pawluszak W., Kowalewski M., Raffa GM, Malvindi PG, Kowalkowska ME, Szwed KA, Borkowska A, Kowalewski J, Anisimowicz L. Cerebrovascular events after no-touch off-pump coronary artery bypass grafting, conventional side-clamp off-pump coronary artery bypass, and proximal anastomotic devices: a meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2016; 5(2). pii: e002802. doi: 10.1161/JAHA.115.002802.
5. Yadav M. Palmerini T., Caixeta A., Madhavan M.V., Sanidas E., Kirtane A.J., Stone G.W., Genereux P. Prediction of coronary risk by SYNTAX and derived scores: synergy between percutaneous coronary intervention with taxus and cardiac surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(14):1219-1230. doi: 10.1016/j.jacc.2013.06.047
6. Tarasova I.V., Tarasov R.S., Trubnikova O.A., Barbarash O.L., Barbarash L.S. SYNTAX score effect on electroencephalography power dynamics in patients undergoing on-pump coronary artery bypass grafting. *BMC Neurosci*. 2013; 14: 95. doi: 10.1186/1471-2202-14-95.
7. Tarasova I.V., Kukhareva I.N., Barbarash O.L. EEG markers of cognitive impairments in patients with coronary artery disease. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika*. 2016; 8(3): 43-47. doi: 10.14412/2074-2711-2016-3-43-47 (In Russian)
8. Başar E. Brain oscillations in neuropsychiatric disease. *Dialogues Clin Neurosci*. 2013; 15(3): 291-300.
9. Sutter R., Kaplan P.W., Cervenka M.C., Thakur K.T., Asemota A.O., Venkatesan A., Geocadin R.G. Electroencephalography for diagnosis and prognosis of acute encephalitis. *Clin Neurophysiol*. 2015; 126(8): 1524-1531. doi: 10.1016/j.clinph.2014.
10. Tarasova I.V., Maleva O.V., Chernobay A.G., Barbarash O.L., Barbarash L.S. The effect of mild cognitive impairment on the brain bioelectrical activity changes in patients undergoing coronary artery bypass surgery with cardiopulmonary bypass. *Neurological Journal*. 2015; 20(5): 20-25. (In Russian)
11. Wabulya A., Lesser R.P., Llinas R., Kaplan P.W. Electroencephalography and brain MRI patterns in encephalopathy. *Clin EEG Neurosci*. 2016; 47(2): 150-156. doi: 10.1177/1550059415590058.
12. Reineke D., Winkler B., König T., Meszaros K., Sodeck G., Schönhoff F., Erdoes G., Czerny M., Carrel T. Minimized extracorporeal circulation does not impair cognitive brain function after coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015; 20(1):68-73. doi: 10.1093/icvts/ivu341.
13. Tarasova I.V., Maleva O.V., Tarasov R.S., Barbarash O.L., Barbarash L.S. The effect of mild cognitive impairment on EEG topographic changes after on-pump coronary artery bypass grafting. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolovaniy*. 2017; 1: 37-43. (In Russian)
14. Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Maleva O.V., Kagan E.S., Barbarash O.L., Barbarash L.S. Factors for the development of persistent postoperative cognitive dysfunction in patients undergoing coronary artery bypass surgery under extracorporeal circulation. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2017; 89(9): doi: 41-47. 10.17116/terarkh201789941-47 (In Russian)
15. Volf N.V., Tarasova I.V., Razumnikova O.M. Gender-related differences in changes in the coherence of cortical biopotentials during image-based creative thought: relationship with action efficacy. *Neurosci Behav Physiol*. 2010; 40(7): 793-799. doi: 10.1007/s11055-010-9328-y.
16. Golukhova E.Z., Polunina A.G., Lefterova N.P., Morelli O.D., Begachyov A.V. Electroencephalography as a tool for the diagnosis of ischemic changes in the brain after coronary artery bypass grafting. *Creative cardiology*. 2012; 1: 107-122. (In Russian)
17. Tarasova I.V., Volf N.V., Syrova I.D., Barbarash O.L., Barbarash L.S. Mild cognitive impairment in patients with coronary artery disease: clinical-demographic and EEG-correlates. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. 2014; 114(12): 89-93. doi: 10.17116/jnevro201411412189-93. (In Russian)
18. Goto T., Maekawa K. Cerebral dysfunction after coronary artery bypass surgery. *J Anesth*. 2014; 28(2): 242-248. doi: 10.1007/s00540-013-1699-0.
19. Halkos M.E., Anderson A., Binongo J.N.G., Stringer A., Lasanajak Y., Thourani V.H., Lattouf O.M., Guyton R.A., Baio K.T., Sarin E., Keeling W.B., Cook N.R., Carssow K., Neill A., Glas K.E., Puskas J.D. Operative strategies to reduce cerebral embolic events during on- and off-pump coronary artery bypass surgery: A stratified, prospective randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Jun 16. pii: S0022-5223(17)31226-6. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.04.089.
20. Martinez-Comendador J., Alvarez J.R., Sierra J., Teijeira E., Adrio B. Preoperative statin therapy in cardiac surgery is more effective in patients who display preoperative activation of the inflammatory system. *Tex Heart Inst J*. 2013; 40(1): 42-49.
21. Miyazaki S., Yoshitani K., Miura N., Irie T., Inatomi Y., Ohnishi Y., Kobayashi J. Risk factors of stroke and delirium after off-pump coronary artery bypass surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011; 12(3): 379-383. doi: 10.1510/icvts.2010.248872.
22. Kovacevic P., Redzek A., Kovacevic-Ivanovic S., Velicki L., Ivanovic V., Kieffer E. Coronary and carotid artery occlusive disease: single center experience. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2012; 16(4): 483-490.
23. Tang T.Y., Howarth S.P., Miller S.R., Graves M.J., U-King-Im J.M., Li Z.Y., Walsh S.R., Hayes P.D., Varty K., Gillard J.H. Comparison of the inflammatory burden of truly asymptomatic carotid atheroma with atherosclerotic plaques in patients with asymptomatic carotid stenosis undergoing coronary artery bypass grafting: an ultrasmall superparamagnetic iron oxide enhanced magnetic resonance study. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008; 35(4): 392-398. doi: 10.1016/j.ejvs.2007.10.019.
24. Masabni K., Sabik J.F., Raza S., Carnes T., Koduri H., Idrees J.J., Beach J., Riaz H., Shishehbor M.H., Gornik H.L., Blackstone E.H. Nonselective carotid artery ultrasound screening in patients undergoing coronary artery bypass grafting: Is it necessary? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 151(2): 402-408. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.09.108.

Для цитирования: И.В. Тарасова, Р.С. Тарасов, О.А. Трубникова, Д.С. Куприянова, О.Л. Барбараш. Изменения электрической активности головного мозга у пациентов с различной тяжестью поражения коронарного русла через один год после коронарного шунтирования. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2020; 9 (1): 6-14. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-1-6-14

To cite: I.V. Tarasova, R.S. Tarasov, O.A. Trubnikova, D.S. Kupriyanova, O.L. Barbarash. The changes of brain electric activity in patients with different severity of coronary atherosclerosis one-year after coronary artery bypass grafting. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2020; 9 (1): 6-14. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-1-6-14