

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 616.-073.97:616-005.4:616.132.2

DOI: 10.15275/kreatkard.2016.03.04

Диагностическое значение показателей электроэнцефалографии при ранней послеоперационной когнитивной дисфункции после коронарного шунтирования

И.В. Тарасова, О.А. Трубникова, О.Л. Барбараш, Л.С. Барбараш

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»; Сосновый б-р, 6, г. Кемерово, 650002, Российская Федерация

Тарасова Ирина Валерьевна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., e-mail: iriz78@mail.ru;

Трубникова Ольга Александровна, канд. мед. наук, заведующий лабораторией;

Барбараш Ольга Леонидовна, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБНУ НИИ КПССЗ;

Барбараш Леонид Семенович, академик РАН, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ КПССЗ

Введение. В настоящее время особое внимание привлекает проблема диагностики послеоперационного повреждения головного мозга. В данной работе изучалась диагностическая значимость показателей электроэнцефалографического (ЭЭГ) исследования при ранней послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД) у пациентов, перенесших коронарное шунтирование (КШ).

Материал и методы. В исследование включено 85 пациентов-мужчин с ишемической болезнью сердца, требующей хирургической реваскуляризации миокарда. Всем пациентам проводили нейропсихологическое и ЭЭГ-исследование за 3–5 дней до операции и на 7–10-е сутки после КШ.

Результаты исследования. Установлено, что высокие значения показателей мощности биопотенциалов бета-ритмов и изменения соотношения тета/бета-активности так же, как и наличие стенозов сонных артерий менее 50%, увеличивают вероятность развития когнитивного дефицита в раннем послеоперационном периоде после КШ.

Заключение. Проведенное исследование продемонстрировало возможность использования ЭЭГ для оценки функционального состояния коры головного мозга после проведения кардиохирургических операций и прогнозирования когнитивного дефицита в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: послеоперационная когнитивная дисфункция; электроэнцефалография; тета/бета-индекс; коронарное шунтирование.

Diagnostic value of electroencephalographic parameters in patients with early postoperative cognitive dysfunction after coronary artery bypass grafting

I.V. Tarasova, O.A. Trubnikova, O.L. Barbarash, L.S. Barbarash

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases; Sosnovyy bul'var, 6, Kemerovo, 650002, Russian Federation

Tarasova Irina Valer'evna, MD, PhD, Leading Research Associate, e-mail: iriz78@mail.ru;

Trubnikova Ol'ga Aleksandrovna, MD, PhD, Chief of Laboratory;

Barbarash Ol'ga Leonidovna, MD, DM, Professor, Director of Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;

Barbarash Leonid Semenovich, Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Associate of Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases

Introduction. At present, especial attention is paid to the diagnostic issues of postoperative brain damage. The diagnostic value of electroencephalographic (EEG) study parameters for early postoperative cognitive dysfunction in patients undergoing coronary artery bypass grafting (CABG) was studied in this investigation.

Material and methods. The study enrolled 85 male patients with coronary artery disease, requiring surgical myocardial revascularization. All patients underwent neuropsychological and EEG 3–5 days before surgery and 7–10 days after CABG.

Results. It was found that the high values of the beta rhythms power and shifting the theta-beta ratio, as well as the presence of carotid artery stenosis less 50% increase risk of developing cognitive impairment in early postoperative CABG period.

Conclusion. The study demonstrated the ability to use EEG to assess the functional state of the cerebral cortex after cardiac surgery and predict cognitive deficits in the postoperative period.

Keywords: postoperative cognitive dysfunction; electroencephalographic study; theta/beta ratio; coronary artery bypass grafting.

Введение

Повреждение головного мозга и следующие за ним неврологические осложнения при кардиохирургических операциях являются приоритетными и недостаточно изученными проблемами современной медицины. Разработка стратегий для снижения частоты неблагоприятных неврологических событий после операций в условиях искусственного кровообращения (ИК) затруднена из-за отсутствия четкого понимания патофизиологических процессов, сопровождающих мозговое повреждение [1]. Между тем неврологические осложнения, которые могут возникнуть не только во время проведения кардиохирургической операции, но и в ближайшем и отдаленном периодах после вмешательства, способны свести к минимуму ее успех, приводя к инвалидизации и смерти пациентов [2, 3].

Особое внимание исследователей обоснованно привлекает проблема диагностики послеоперационного повреждения головного мозга. Клинические методы нейровизуализации, такие как магнитно-резонансная томография, мультиспиральная компьютерная томография, обладают высоким пространственным разрешением, однако позволяют диагностировать лишь значительное повреждение мозговых структур с возникновением ишемического очага и зоны некроза. Развитие современных методов визуализации мозговой активности, одним из которых является многоканальная компьютерная электроэнцефалография (ЭЭГ), дает возможность количественно оценить мягкие, диффузные изменения в коре головного мозга. Продемонстрирована возможность использования ЭЭГ

для оценки функционального состояния мозга у здоровых лиц, а также при развитии патологии [4, 5].

Тяжесть послеоперационных осложнений со стороны центральной нервной системы при кардиохирургических операциях колеблется от инсульта (с частотой встречаемости 1,6%) до делирия (3–16,5%) и послеоперационного снижения когнитивных функций (20–50%) [1, 6–8]. В настоящее время особое внимание уделяется последнему осложнению – послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД). Считается, что это когнитивное расстройство, которое развивается в раннем периоде после хирургических вмешательств, может сохраняться в отдаленном периоде и проявляется нарушениями памяти, трудностями при концентрации внимания и нарушениями других корковых функций, таких как мышление, речь и т. д. [9–11]. Диагноз ПОКД должен быть подтвержден данными нейропсихологического обследования (в виде снижения показателей когнитивных функций в послеоперационный период по сравнению с исходными). Первоначально ПОКД может не иметь ясной клинической картины и/или когнитивные нарушения могут быть замаскированными тревожно-депрессивными или вегетативными нарушениями, однако имея тенденцию к прогрессированию, способна в дальнейшем приводить к существенному снижению когнитивного статуса, что в свою очередь ухудшает качество жизни пациентов [12]. Современные исследования показывают, что после кардиохирургических вмешательств частота встречаемости ПОКД к моменту выписки составляет 50–80%,

а через 1–1,5 мес после операции – 20–50% [13–15].

Изучение изменений биоэлектрической активности коры головного мозга, которые могут быть ассоциированы с когнитивным дефицитом, необходимо не только для мониторинга состояния головного мозга и количественной оценки изменений в коре головного мозга после проведения кардиохирургического вмешательства, но и для сопоставления с данными нейропсихологического тестирования с целью подтверждения и уточнения диагноза ПОКД [16–18].

Принимая во внимание вышесказанное, целью нашей работы явилось определение диагностического значения показателей ЭЭГ у пациентов при развитии ранней ПОКД после коронарного шунтирования (КШ) в условиях ИК.

Материал и методы

Дизайн настоящего исследования был рассмотрен и получил одобрение локального этического комитета НИИ КПССЗ. В соответствии с критериями включения и исключения было отобрано 85 пациентов с клинически и по данным коронароангиографии верифицированным диагнозом «ишемическая болезнь сердца» (ИБС), которым требовалась хирургическая реваскуляризация миокарда, за исключением сочетанных вмешательств (пластика или протезирование клапанов). Критериями для включения в исследование были: возраст 45–69 лет, мужской пол, КШ, проводимое в условиях ИК, праворукость, добровольное информированное согласие пациента.

Критерии исключения:

- возраст старше 70 лет;
- тяжелые и жизнеугрожающие нарушения ритма;
- хроническая сердечная недостаточность IIБ и III стадии по классификации Василенко–Стражеско;
- хроническая обструктивная болезнь легких;

- печеночная недостаточность;
- онкозаболевания;
- злоупотребление психоактивными веществами;
- заболевания центральной нервной системы;
- эпизоды нарушения мозгового кровообращения;
- стенозы сонных артерий (СА) более 50%;
- предоперационные показатели краткой шкалы оценки психического статуса (КШОПС) 24 и менее, батареи тестов лобной дисфункции (БТЛД) – 11 и менее, шкалы депрессии Бека – 8 и более баллов;
- отказ пациента от начала или продолжения исследования.

В до- и послеоперационном периоде пациенты получали терапию, соответствующую общим принципам лечения больных с ИБС, хронической сердечной недостаточностью и артериальной гипертензией («Национальные рекомендации», 2008, 2009). Всем пациентам назначали диету с ограничением приема NaCl (менее 5 г/сут) и жиров животного происхождения. Пациенты принимали бисопролола фумарат 5–10 мг/сут, розувастатин 20 мг/сут, эналаприла малеат 5–40 мг/сут либо периндоприл 5–10 мг/сут и кардиомагнил 75 мг/сут. Нефракционированный гепарин 20 000 ЕД под контролем активированного частичного тромбопластинового времени или клексан 0,8 мг/сут подкожно назначали по показаниям, так же как и амлодипин 2,5–10 мг/сут, изосорбида динитрат 40–80 мг/сут, лозартан 12,5–50 мг/сут или кандесартан 150–300 мг/сут.

Исследование экстрамозговых артерий выполняли всем пациентам при помощи цветового дуплексного сканирования на аппарате экспертного класса. Степень выраженности стенозов оценивали с помощью классификации NASCET и ECST: отсутствие стенозов, малый стеноз – менее 30%, умеренный – 30–49%, выраженный – 50–69%, критический – 70–99% и окклюзия [19].

Оперативное вмешательство у всех пациентов выполняли планоно в условиях ИК с непугсирующим кровотоком, нормотермией и гемодилюцией на уровне 25–30%. Интраоперационно осуществляли мониторинг артериального давления, ЭКГ, частоты сердечных сокращений, термометрию и пульсоксиметрию. Для защиты миокарда в большинстве случаев (80% и более) проводили кровяную холодую кардиopleгию. На протяжении всей операции осуществляли контроль кислотно-щелочного состояния и газового состава крови, а также проводили мониторинг мозговой оксигенации (rSO₂) в режиме реального времени («INVOS-3100», Somanetics, США). Использовали комбинированную эндотрахеальную анестезию по стандартной схеме с применением пропофола и/или севофлурана в сочетании с фентанилом и миорелаксантами.

До проведения оперативного вмешательства (за 3–5 дней) нейропсихологическое тестирование проводили с использованием как нейропсихологических шкал (КШОПС, БТЛД и депрессии Бека), так и психометрического комплекса «Status PF», адаптированного для выборки кардиохирургических пациентов [20]. На 7–10-е сутки послеоперационного периода тестирование проводили только с помощью комплекса «Status PF», при этом выполняли анализ индивидуальной динамики полученных когнитивных показателей как их процентное изменение, рассчитываемое по формуле:

$$\frac{\text{Исходное значение} - \text{послеоперационное значение показателя}}{\text{Исходное значение}} \times 100\%$$

При снижении нейропсихологических показателей после операции на 20% по сравнению с дооперационными в 20% тестах из тестовой батареи «Status PF» у пациента диагностировали ПОКД [1]. Частота встречаемости ранней ПОКД составила 72% случаев. По результатам проведенного анализа были сформированы две группы

пациентов: с ранней ПОКД ($n = 61$) и без ПОКД ($n = 24$).

В те же временные интервалы, что и динамическое нейропсихологическое тестирование, проводили исследования показателей биоэлектрической активности коры головного мозга. ЭЭГ покоя при закрытых и открытых глазах регистрировалась монополярно с помощью программы «Scan 4.5» и многоканального усилителя «Neuvo» (Compumedics, Charlotte, США) и модифицированной 64-канальной шапочки со встроенными Ag/AgCl электродами (QuikCap; Neurosoft, El Paso, США) в условиях световой и шумоизолированного помещения, в положении сидя, в первой половине дня. Референтный электрод располагался на кончике носа, заземляющий — в центре лба. Поддерживалось сопротивление менее 5 кОм. Проводили регистрацию вертикальной и горизонтальной электроокулограммы для оценки выраженности глазодвигательных артефактов. Инспекция глазодвигательных, миографических и других артефактов осуществлялась визуально. Безартефактные фрагменты ЭЭГ разделялись на эпохи анализа продолжительностью 2 с и подвергались быстрому преобразованию Фурье. Значения мощности биопотенциалов ЭЭГ усредняли в диапазонах тета-1 (4–6 Гц), тета-2 (6–8 Гц), альфа-1 (8–10 Гц), альфа-2 (10–13 Гц), бета-1 (13–20 Гц), бета-2 (20–30 Гц) ритмов и логарифмировали для нормализации распределения отдельно для каждого пациента.

Для каждого из указанных частотных диапазонов рассчитывали суммарные значения мощности биопотенциалов по всем отведениям, а также для пяти электродных кластеров, объединяющих близко расположенные электроды, симметрично в каждом полушарии: фронтальный (Fp1/2, AF3/4, F1/2, Fp3/4, Fp5/6, F7/8), фронто-центральный (FC1/2, FC3/4, FC5/6, C1/2, C3/4, C5/6), височный (FT7/8, T7/8, TP7/8), центрально-париетальный (CP1/2, CP3/4, CP5/6, P1/2, P3/4, P5/6, P7/8) и окципитальный (PO3/4, PO5/6, PO7/8, O1/2). Электроды,

расположенные по средней линии, были исключены из анализа. Кроме того, были получены индексы ЭЭГ-активности: соотношение средних показателей мощности биопотенциалов тета- и альфа-ритмов, тета- и бета-ритмов по формулам:

$$\frac{\text{Тета1} + \text{тета2}}{\text{Альфа1} + \text{альфа2}} \quad \text{и} \quad \frac{\text{Тета1} + \text{тета2}}{\text{Бета1} + \text{бета2}}$$

соответственно.

Программное обеспечение Statistica 8, 10 (StatSoft, Tulsa, США) и SPSS 17.0 (SPSS Inc, IBM, США) применяли для статистической обработки результатов исследования. Критерий χ^2 Пирсона с поправкой Йетса использовали для анализа качественных клинико-демографических параметров, Вилкоксона и Манна–Уитни – количественных, а при близком к нормальному распределению данных применяли *t*-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок.

Для построения бинарной логистической модели использовали модуль Binary

logistic regression, метод пошагового включения на основе максимального правдоподобия. Проверку адекватности полученных статистических моделей проводили с помощью ROC-анализа, путем оценки площади под ROC-кривой и значений чувствительности и специфичности.

Результаты

Исходные клинико-демографические характеристики в группах с ранней ПОКД и без снижения когнитивных функций были сопоставимы (табл. 1).

Продолжительность ИК и ряда других операционных параметров у пациентов сравниваемых групп также не различалась (табл. 2). В раннем послеоперационном периоде КШ у всех пациентов не отмечались эпизоды жизнеугрожающих нарушений ритма сердца, острой коронарной недостаточности, инсульты или транзиторные ишемические атаки, а также делирий. Наблюдавшиеся в первые несколько суток астенический синдром и вегетативная дисфункция уменьшили свои проявления

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика пациентов с ИБС, планируемых на КШ в условиях ИК, в зависимости от наличия ранней послеоперационной когнитивной дисфункции

Показатель	Ранняя ПОКД (n = 61)	Без ПОКД (n = 24)	p
Возраст, лет, M ± σ	57,0 ± 5,15	55,9 ± 5,07	0,51
Длительность анамнеза ИБС, лет, M ± σ	3,7 ± 4,3	4,03 ± 5,54	0,63
Поражение коронарных артерий по шкале SYNTAX, баллы, M ± σ	24,9 ± 7,71	21,7 ± 8,37	0,15
КШОПС, баллы, M ± σ	27,5 ± 1,49	28,1 ± 1,13	0,16
Личностная тревожность, баллы, M ± σ	38,4 ± 5,60	37,7 ± 6,42	0,37
Шкала депрессии Бека, баллы, M ± σ	2,7 ± 1,76	2,4 ± 1,58	0,48
Образование, n (%)			
среднее	43 (70)	16 (67)	0,84
высшее	18 (30)	8 (33)	
Стенозы СА менее 50%, n (%)	23 (37)	7 (30)	0,59
Сахарный диабет, n (%)	16 (26)	7 (30)	0,79
Функциональный класс по NYHA, n (%)			
II	37 (60)	16 (67)	0,39
III	24 (40)	8 (33)	
Функциональный класс стенокардии			
I–II	49 (80)	22 (92)	0,48
III	12 (20)	2 (8)	

Примечание. КШОПС – краткая шкала оценки психического статуса; СА – сонные артерии; NYHA – New York Heart Association.

Таблица 2

**Характеристики оперативного вмешательства
у пациентов с наличием и отсутствием ранней ПОКД**

Показатель	Ранняя ПОКД (n = 61)	Без ПОКД (n = 24)	p
Продолжительность ИК, мин, M ± σ	104,9 ± 27,64	96,7 ± 30,13	0,53
Время пережатия аорты, мин, M ± σ	67,6 ± 18,82	62,7 ± 19,75	0,64
Количество шунтов, n, M ± σ	2,8 ± 0,73	2,5 ± 0,64	0,24
Полиорганная недостаточность по шкале SOFA, баллы, M ± σ	3,9 ± 1,93	3,5 ± 1,12	0,56
Вид анестетика, n (%)			
пропофол	48 (79)	22 (92)	0,69
севофлюран	1 (2)	0 (0)	
пропофол + севофлюран	12 (20)	2 (8)	

к моменту послеоперационного нейропсихологического и ЭЭГ-исследования.

Далее был проведен регрессионный анализ в виде бинарной логистической регрессии для определения клинико-анамнестических характеристик и показателей мощности биопотенциалов ЭЭГ, ассоциированных с вероятностью развития ранней ПОКД у пациентов, перенесших КШ в условиях ИК. Первоначально в модель были включены такие показатели, как возраст, уровень образования, наличие предоперационного когнитивного расстройства по шкале КШОПС и стенозы СА, а также показатели мощности биопотенциалов ЭЭГ в 5 областях коры мозга, расположенных симметрично в левом и правом полушарии, зарегистрированных в состоянии покоя до и после оперативного вмешательства, а также индексы ЭЭГ (тета/альфа и тета/бета).

Однако в качестве наиболее значимых показателей, ассоциированных с вероятностью развития у пациента ранней ПОКД, в ходе регрессионного анализа были выявлены следующие: наличие стенозов СА менее 50%, показатели мощности биопотенциалов бета-ритмов во фронтальных и фронто-центральных отделах левого и правого полушарий мозга, а также значения индексов тета/бета-активности до и после КШ (табл. 3). Чем выше были показатели мощности биопотенциалов бета1-ритма во фронтальных отделах правого полушария, бета2-ритма во фронто-центральных отделах левого полушария при открытых глазах, как и индекса тета/бета-активности при закрытых глазах на 7–10-е сутки после КШ, тем выше была вероятность развития ПОКД. Тогда как отсутствие стенозов СА и низкие значения индекса тета/бета-

Таблица 3

**Факторы, ассоциированные с вероятностью развития ранней ПОКД
у пациентов после КШ в условиях ИК (данные регрессионного анализа)**

Показатель	B (коэффициент регрессии)	SE (стандартная ошибка)	Wald (статистика Вальда)	p (уровень значимости)	Exp(B)
Стенозы СА	0,857	0,423	4,105	0,043	2,356
FR_R_O2_V1, мкВ ² /Гц	2,124	1,083	3,846	0,049	8,365
FC_L_O2_V1, мкВ ² /Гц	-1,384	0,696	3,954	0,047	0,250
FC_L_O2_V2, мкВ ² /Гц	2,621	1,265	4,293	0,037	13,748
Индекс ТНВ_О1	-0,537	0,259	4,299	0,038	0,584
Индекс ТНВ_Z2	0,162	0,077	1,176	0,035	1,176

Примечание. СА – сонные артерии; FR_R_O2_V1 – мощность биопотенциалов бета1-ритма во фронтальных отделах правого полушария при открытых глазах; FC_L_O2_V1 – мощность биопотенциалов бета1-ритма во фронто-центральных отделах левого полушария при открытых глазах; FC_L_O2_V2 – мощность биопотенциалов бета2-ритма во фронто-центральных отделах левого полушария при открытых глазах; ТНВ_О1 – индекс тета/бета при открытых глазах до операции; ТНВ_Z2 – индекс тета/бета при закрытых глазах после операции.

активности при открытых глазах до КШ, а также мощности биопотенциалов бета1-ритма во фронто-центральных отделах левого полушария при открытых глазах на 7–10-е сутки после КШ сопровождались меньшей вероятностью развития у пациента ранней ПОКД.

Качество прогностической модели оценивали при анализе классификационной матрицы, оценивающей процент правильно классифицированных пациентов с наличием и отсутствием ранней ПОКД. Обнаружено, что при начальном пороге отсечения, равном 0,5, процент правильной классификации пациентов с ранней ПОКД был низким, модель продемонстрировала высокую чувствительность (82,9%), но низкую специфичность (43,5%). Для оценки адекватности модели и повышения качества классификации был проведен ROC-анализ, график ROC-кривой на рисунке. Изменение порога отсечения с 0,5 до 0,6 привело к тому, что специфичность анализируемой модели несколько снижается до 65,2%, однако при этом ее чувствительность повышается до 68,3%.

Таким образом, продемонстрировано диагностическое значение показателей мощности биопотенциалов и индексов ЭЭГ, зарегистрированных как до операции, так и на 7–10-е сутки послеопераци-

онного периода КШ для выявления групп пациентов с большей вероятностью развития ранней ПОКД после кардиохирургического вмешательства.

Обсуждение

В настоящем исследовании продемонстрировано, что параметры ЭЭГ могут иметь диагностическое значение при развитии ранней ПОКД у пациентов, перенесших КШ в условиях ИК, так как при наличии на 7–10-е сутки послеоперационного периода КШ у пациента более высоких показателей мощности биопотенциалов бета1-ритма во фронтальных отделах правого полушария, бета2-ритма во фронто-центральных отделах левого полушария и индекса тета/бета-активности при закрытых глазах вероятность послеоперационного снижения когнитивных функций возрастает.

Результаты нашей работы частично согласуются с проведенными ранее исследованиями. Так, например, Е.З. Голухова и соавт. обнаружили у пациентов после кардиохирургических операций в условиях ИК множественные изменения ЭЭГ-активности, как физиологического, так и патологического характера, к последним можно отнести увеличение мощности медленно-волновой (дельта и тета) и бета1-активности [17].

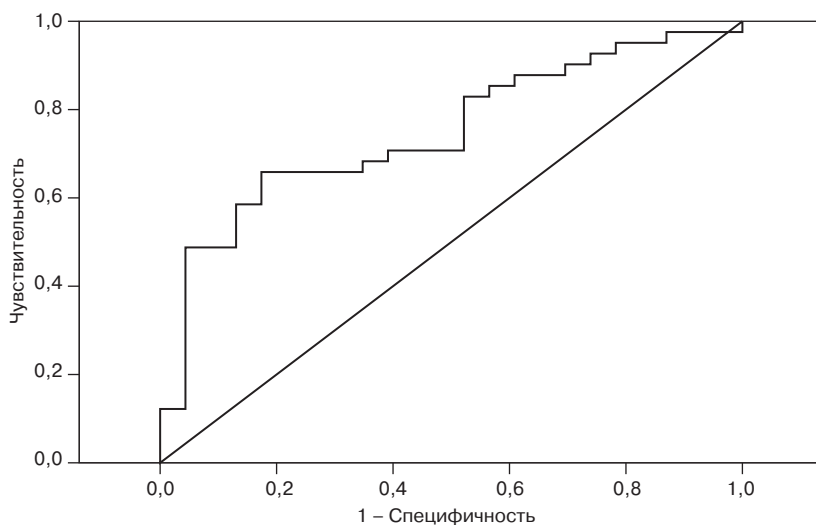


График ROC-кривой, оценивающей оптимальный уровень чувствительности и специфичности модели вероятности ранней ПОКД у пациентов после КШ в условиях ИК. AUC 0,749 ($p = 0,001$)

В недавнем исследовании, изучавшем ЭЭГ-корреляты постгипоксической энцефалопатии у пациентов в послеоперационном периоде кардиохирургической операции, обнаружено, что латерализованное замедление биоэлектрической активности, очаговые и билатеральные эпилептиформные разряды были ассоциированы с острым очаговым повреждением [21]. Известно, что увеличение мощности биопотенциалов бета-ритма отражает раздрацию мозговых структур вследствие проявлений синдрома ишемии-реперфузии и разбалансировки восходящих и нисходящих корково-подкорковых взаимодействий [17, 22], при этом оно может быть транзиторным, возникающим вследствие общего отека мозга и снижения метаболизма, что также может наблюдаться у пациентов после КШ, проводимого в условиях ИК [17, 23]. Увеличение мощности бета-ритмов отмечено у пациентов в подостром периоде ишемического инсульта [24]. Можно предполагать, что поскольку у всех пациентов после КШ наблюдаются признаки корковой дисфункции в виде увеличения мощности медленных ритмов, то рост мощности бета-активности усугубляет функциональное состояние коры мозга и приводит к проявлению симптомов когнитивных нарушений. Обратимость же этого процесса является объяснением известного факта, что раннее послеоперационное нарушение когнитивных функций может быть транзиторным и ее проявления нивелируются в течение 3 мес после вмешательства [1, 2].

Немаловажным фактом, полученным в настоящей работе, является локализация изменений биоэлектрической активности во фронтальных и фронто-центральных отделах полушарий мозга, где увеличение мощности бета-ритмов способствовало развитию ранней ПОКД. Компрометация фронтальных отделов коры, ассоциированная с ухудшением памяти, внимания и исполнительных функций, была ранее обнаружена у пожилых пациентов с различными формами сердечно-сосудистой

патологии. Показано, что мозговые структуры, ответственные за осуществление таких когнитивных функций, как исполнительный контроль, ассоциативные процессы, речь и извлечение информации из памяти анатомически находятся в зонах смежного кровоснабжения средних и задних мозговых артерий (парието-окципитальная кора), а также передних и средних мозговых артерий (лобная доля) [25, 26]. Считается, что эти зоны наиболее уязвимы к изменениям перфузии, ишемии и т. д. Сходные условия могут иметь место при проведении кардиохирургических вмешательств, проводимых в условиях ИК. С другой стороны, области мозга, ответственные за когнитивные функции, относятся к наиболее филогенетически молодым структурам, что в свою очередь также объясняет их чувствительность к подобного рода факторам [27].

Увеличение индекса тета/бета-активности было отмечено при ухудшении функционирования структур префронтальной коры и нарушениях внимания [28]. Высказано предположение, что это связано с большим вовлечением лимбических структур в процессы регуляции внимания и подавлением ингибиторных корковых процессов подкорковыми мотивационными эффектами и автоматизированными реакциями.

Таким образом, настоящее исследование продемонстрировало возможности использования ЭЭГ высокого разрешения как перспективного диагностического инструмента для оценки функционального состояния коры головного мозга после проведения операций с ИК и прогнозирования когнитивного дефицита в послеоперационном периоде.

Заключение

Установлено диагностическое значение показателей ЭЭГ у пациентов, перенесших операцию КШ в условиях ИК. Высокие значения показателей мощности биопотенциалов бета-ритмов и изменения

соотношения тета/бета-активности так же, как и наличие стенозов СА менее 50%, увеличивают вероятность развития когнитивного дефицита в раннем послеоперационном периоде КШ.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Литература

1. Selnes O.A., Gottesman R.F., Grega M.A., Baumgartner W.A., Zeger S.L., McKhann G.M. Cognitive and neurologic outcomes after coronary artery bypass surgery. *N. Engl. J. Med.* 2012; 366 (3): 250–7. DOI: 10.1056/NEJMra1100109.
2. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Полунина А.Г., Лефтерова Н.П., Бегачёв А.В. Когнитивные функции после операций с искусственным кровообращением в раннем и отдаленном послеоперационном периоде. *Креативная кардиология.* 2011; 2: 71–88.
3. Van Harten A.E., Scheeren T.W., Absalom A.R. A review of postoperative cognitive dysfunction and neuroinflammation associated with cardiac surgery and anaesthesia. *Anaesthesia.* 2012; 67 (3): 280–93. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2011.07008.x.
4. Golukhova E.Z., Polunina A.G., Lefterova N.P., Begachev A.V. Electroencephalography as a tool for assessment of brain ischemic alterations after open heart operations. *Stroke Res. Treat.* 2011; 2011: 980873.
5. Klimesch W. α -band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends Cogn. Sci.* 2012; 16 (12): 606–17. DOI: 10.1016/j.tics.2012.10.007.
6. Tarakji K.G., Sabik J.F., 3rd, Bhudia S.K., Batizy L.H., Blackstone E.H. Temporal onset, risk factors, and outcomes associated with stroke after coronary artery bypass grafting. *JAMA.* 2011; 305 (4): 381–90. DOI: 10.1001/jama.2011.37.
7. Siepe M., Pfeiffer T., Gieringer A., Zemann S., Benk C., Schlensak C., Beyersdorf F. Increased systemic perfusion pressure during cardiopulmonary bypass is associated with less early postoperative cognitive dysfunction and delirium. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40 (1): 200–7.
8. 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): 379–83. DOI: 10.1510/icvts.2010.248872.
9. Steinmetz J., Christensen K.B., Lund T., Lohse N., Rasmussen L.S.; ISPOCD Group. Long-term consequences of postoperative cognitive dysfunction. *Anesthesiology.* 2009; 110 (3): 548–55. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318195b569.
10. Funder K.S., Steinmetz J., Rasmussen L.S. Methodological issues of postoperative cognitive dysfunction research. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2010; 14 (2): 119–22. DOI: 10.1177/1089253210371520.
11. Davis N., Lee M., Lin A.Y., Lynch L., Monteleone M., Falzon L., Ispahany N., Lei S. Postoperative cognitive function following general versus regional anesthesia: a systematic review. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2014; 26 (4): 369–76. DOI: 10.1097/ANA.000000000000120.
12. Шрадер Н.И., Васенина Е.Е., Шайбакова В.Л., Левин О.С. Прединдикторы неврологических осложнений у больных, перенесших аортокоронарное шунтирование. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2013; 7: 90–7.
13. Kozora E., Kongs S., Collins J.F., Hattler B., Baltz J., Hampton M. et al. Cognitive outcomes after on- versus off-pump coronary artery bypass surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90 (4): 1134–41. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2010.05.076.
14. Meybohm P., Renner J., Broch O., Caliebe D., Albrecht M., Cremer J. et al. Postoperative neurocognitive dysfunction in patients undergoing cardiac surgery after remote ischemic preconditioning: a double-blind randomized controlled pilot study. *PLoS One.* 2013; 8 (5): e64743. DOI: 10.1371/journal.pone.0064743.
15. Davis N., Lee M., Lin A.Y., Lynch L., Monteleone M., Falzon L. et al. Postoperative cognitive function following general versus regional anesthesia: a systematic review. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2014; 26 (4): 369–76. DOI: 10.1097/ANA.000000000000120.
16. Kuniyama T., Tscholl D., Langer F., Heinz G., Sata F., Schäfers H.J. Cognitive brain function after hypothermic circulatory arrest assessed by cognitive P300 evoked potentials. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2007; 32 (3): 507–13.
17. 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: 107–22.
18. Reineke D., Winkler B., König T., Meszaros K., Sodeck G., Schönhoff F. et al. 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.
19. Chang Y.J., Golby A.J., Albers G.W. Detection of carotid stenosis. From NASCET results to clinical practice. *Stroke.* 1995; 26 (8): 1325–8.
20. Трубникова О.А., Тарасова И.В., Мамонтова А.С., Сырова И.Д., Малеева О.В., Барбараш О.Л. Структура когнитивных нарушений и динамика биоэлектрической активности мозга у пациентов после прямой реваскуляризации миокарда. *Российский кардиологический журнал.* 2014; 8 (112): 57–62.

21. Hanif S., Sinha S., Siddiqui K.A. Electroencephalography findings in patients with acute post coronary artery bypass graft encephalopathy. *Neurosciences (Riyadh)*. 2014; 19 (4): 331–3.
22. Moyanova S.G., Dijkhuizen R.M. Present status and future challenges of electroencephalography and magnetic resonance imaging-based monitoring in preclinical models of focal cerebral ischemia. *Brain Res. Bull.* 2014; 102: 22–36. DOI: 10.1016/j.brainresbull.2014.01.003.
23. Grin-Yatsenko V.A., Baas I., Ponomarev V.A., Kropotov J.D. EEG power spectra at early stages of depressive disorders. *J. Clin. Neurophysiol.* 2009; 26 (6): 401–6.
24. Tecchio F., Zappasodi F., Pasqualetti P., Tombini M., Salustri C., Oliviero A. et al. Rhythmic brain activity at rest from rolandic areas in acute monohemispheric stroke: a magnetoencephalographic study. *Neuroimage*. 2005; 28: 72–83.
25. Постнов В.Г., Караськов А.М., Ломиворотов В.В. Неврология в кардиохирургии: руководство для врачей. Новосибирск: Сибрегионинфо; 2007: 255.
26. Little D.M., Kraus M.F., Jiam C., Moynihan M., Siroko M., Schulze E., Geary E.K. Neuroimaging of hypoxic-ischemic brain injury. *NeuroRehabilitation*. 2010; 26 (1): 15–25. DOI: 10.3233/NRE-2010-0532.
27. Howard R.S., Holmes P.A., Siddiqui A., Treacher D., Tsiropoulos I., Koutroumanidis M. Hypoxic-ischaemic brain injury: imaging and neurophysiology abnormalities related to outcome. *QJM*. 2012; 105 (6): 551–61. DOI: 10.1093/qjmed/hcs016.
28. Putman P., Verkuil B., Arias-Garcia E., Pantazi I., van Schie C. EEG theta/beta ratio as a potential biomarker for attentional control and resilience against deleterious effects of stress on attention. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2014; 14 (2): 782–91. DOI: 10.3758/s13415-013-0238-7.
- assessment of brain ischemic alterations after open heart operations. *Stroke Res. Treat.* 2011; 2011: 980873.
5. Klimesch W. α -band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends Cogn. Sci.* 2012; 16 (12): 606–17. DOI: 10.1016/j.tics.2012.10.007.
6. Tarakji K.G., Sabik J.F., 3rd, Bhudia S.K., Batizy L.H., Blackstone E.H. Temporal onset, risk factors, and outcomes associated with stroke after coronary artery bypass grafting. *JAMA*. 2011; 305 (4): 381–90. DOI: 10.1001/jama.2011.37.
7. Siepe M., Pfeiffer T., Gieringer A., Zemann S., Benk C., Schlensak C., Beyersdorf F. Increased systemic perfusion pressure during cardiopulmonary bypass is associated with less early postoperative cognitive dysfunction and delirium. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40 (1): 200–7.
8. 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): 379–83. DOI: 10.1510/ictvs.2010.248872.
9. Steinmetz J., Christensen K.B., Lund T., Lohse N., Rasmussen L.S.; ISPOCD Group. Long-term consequences of postoperative cognitive dysfunction. *Anesthesiology*. 2009; 110 (3): 548–55. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318195b569.
10. Funder K.S., Steinmetz J., Rasmussen L.S. Methodological issues of postoperative cognitive dysfunction research. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2010; 14 (2): 119–22. DOI: 10.1177/1089253210371520.
11. Davis N., Lee M., Lin A.Y., Lynch L., Monteleone M., Falzon L., Ispahany N., Lei S. Postoperative cognitive function following general versus regional anesthesia: a systematic review. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2014; 26 (4): 369–76. DOI: 10.1097/ANA.0000000000000120.
12. Shrader N.I., Vasenina E.E., Shaybakova V.L., Levin O.S. Predictors of neurologic complications in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2013; 7: 90–7 (in Russ.).
13. Kozora E., Kongs S., Collins J.F., Hattler B., Baltz J., Hampton M. et al. Cognitive outcomes after on- versus off-pump coronary artery bypass surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90 (4): 1134–41. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2010.05.076.
14. Meybohm P., Renner J., Broch O., Caliebe D., Albrecht M., Cremer J. et al. Postoperative neurocognitive dysfunction in patients undergoing cardiac surgery after remote ischemic preconditioning: a double-blind randomized controlled pilot study. *PLoS One*. 2013; 8 (5): e64743. DOI: 10.1371/journal.pone.0064743.
15. Davis N., Lee M., Lin A.Y., Lynch L., Monteleone M., Falzon L. et al. Postoperative cognitive function following general versus regional anesthesia: a systematic review. *J. Neurosurg. Anesthesiol.*

References

1. Selnes O.A., Gottesman R.F., Grega M.A., Baumgartner W.A., Zeger S.L., McKhann G.M. Cognitive and neurologic outcomes after coronary artery bypass surgery. *N. Engl. J. Med.* 2012; 366 (3): 250–7. DOI: 10.1056/NEJMra1100109.
2. Bockeriya L.A., Golukhova E.Z., Polunina A.G., Lefterova N.P., Begachev A.V. Cognitive function after surgery with cardiopulmonary bypass in the early and late postoperative period. *Kreativnaya kardiologiya*. 2011; 2: 71–88 (in Russ.).
3. Van Harten A.E., Scheeren T.W., Absalom A.R. A review of postoperative cognitive dysfunction and neuroinflammation associated with cardiac surgery and anaesthesia. *Anaesthesia*. 2012; 67 (3): 280–93. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2011.07008.x.
4. Golukhova E.Z., Polunina A.G., Lefterova N.P., Begachev A.V. Electroencephalography as a tool for

- 2014; 26 (4): 369–76. DOI: 10.1097/ANA.0000000000000120.
16. Kuniyama T., Tscholl D., Langer F., Heinz G., Sata F., Schäfers H.J. Cognitive brain function after hypothermic circulatory arrest assessed by cognitive P300 evoked potentials. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2007; 32 (3): 507–13.
 17. Golukhova E.Z., Polunina A.G., Lefterova N.P., Morelli O.D., Begachev A.V. Electroencephalography as a diagnostic tool ischemic brain changes after coronary artery bypass grafting. *Kreativnaya kardiologiya.* 2012; 1: 107–22 (in Russ.).
 18. Reineke D., Winkler B., König T., Meszaros K., Sodeck G., Schönhoff F. et al. 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.
 19. Chang Y.J., Golby A.J., Albers G.W. Detection of carotid stenosis. From NASCET results to clinical practice. *Stroke.* 1995; 26 (8): 1325–8.
 20. Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Mamontova A.S., Syrova I.D., Maleva O.V., Barbarash O.L. Structure of cognitive impairment and brain bioelectrical activity dynamics in patients after direct myocardial revascularization. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal.* 2014; 8 (112): 57–62 (in Russ.).
 21. Hanif S., Sinha S., Siddiqui K.A. Electroencephalography findings in patients with acute post coronary artery bypass graft encephalopathy. *Neurosciences (Riyadh).* 2014; 19 (4): 331–3.
 22. Moyanova S.G., Dijkhuizen R.M. Present status and future challenges of electroencephalography- and magnetic resonance imaging-based monitoring in preclinical models of focal cerebral ischemia. *Brain Res. Bull.* 2014; 102: 22–36. DOI: 10.1016/j.brainresbull.2014.01.003.
 23. Grin-Yatsenko V.A., Baas I., Ponomarev V.A., Kropotov J.D. EEG power spectra at early stages of depressive disorders. *J. Clin. Neurophysiol.* 2009; 26 (6): 401–6.
 24. Tecchio F., Zappasodi F., Pasqualetti P., Tombini M., Salustri C., Oliviero A. et al. Rhythmic brain activity at rest from rolandic areas in acute monohemispheric stroke: a magnetoencephalographic study. *Neuroimage.* 2005; 28: 72–83.
 25. Postnov V.G., Karas'kov A.M., Lomivorotov V.V. Neurology in cardiac surgery: a guide for physicians. Novosibirsk: Sibregion-info; 2007: 255 (in Russ.).
 26. Little D.M., Kraus M.F., Jiam C., Moynihan M., Siroko M., Schulze E., Geary E.K. Neuroimaging of hypoxic-ischemic brain injury. *NeuroRehabilitation.* 2010; 26 (1): 15–25. DOI: 10.3233/NRE-2010-0532.
 27. Howard R.S., Holmes P.A., Siddiqui A., Treacher D., Tsiropoulos I., Koutroumanidis M. Hypoxic-ischaemic brain injury: imaging and neurophysiology abnormalities related to outcome. *QJM.* 2012; 105 (6): 551–61. DOI: 10.1093/qjmed/hcs016.
 28. Putman P., Verkuil B., Arias-Garcia E., Pantazi I., van Schie C. EEG theta/beta ratio as a potential biomarker for attentional control and resilience against deleterious effects of stress on attention. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2014; 14 (2): 782–91. DOI: 10.3758/s13415-013-0238-7.

Поступила 14.09.2016