

ТЭС-терапия как метод коррекции нарушений ритма сердца после проведения чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластики со стентированием у пациентов с инфарктом миокарда

А.Х. Каде^{1,2}, Е.А. Сорокина¹, С.А. Рафф^{1,2}, А.И. Трофименко^{1,2,3*}, Е.С. Занина¹, А.Ю. Муратова⁴

¹ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

² Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

³ Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

⁴ Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

*А.И. Трофименко, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, artemtrofimenko@mail.com

Поступила в редакцию 17 марта 2022 г. Исправлена 20 июля 2022 г. Принята к печати 19 августа 2022 г.

Резюме

Цель: Изучить влияние ТЭС-терапии на течение нарушений ритма сердца, развившихся после проведения чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластики (ЧТКА) со стентированием у пациентов с инфарктом миокарда (ИМ).

Материал и методы: Характеристика групп пациентов: группа сравнения ($n = 17$) – с ИМ после ЧТКА со стентированием, стандартное лечение; основная группа ($n = 21$) – то же и ТЭС-терапия. Контрольные точки исследования: 1-е сутки – ЭКГ, ЭхоКГ, КФК, КФК-МВ, Тропонин-I, калий, β -эндорфин; 5-е сутки – то же, но без ЭхоКГ; 10-е сутки – то же и ЭКГ с определением гармоничности и кванта электромагнитного потока кардиоцикла. ЧТКА выполняли с использованием стентов с лекарственным покрытием. ТЭС-терапия проводилась в импульсном биполярном режиме, сила тока 2 мА, частота тока 77,5 Гц, продолжительность сеанса 45 мин.

Результаты: У пациентов основной группы (на фоне ТЭС-терапии) отмечено приближение исследуемых параметров кардиоцикла к оптимальным значениям. Показано, что межгрупповые различия гармоничности ($p = 0,002$) и величины кванта электромагнитного потока кардиоцикла ($p = 0,001$) являются статистически значимыми. Также на фоне применения ТЭС-терапии концентрация высокочувствительного тропонина-I статистически значимо меньше на 109% ($p = 0,0042$). На 5-е и 10-е сутки исследования сывороточная концентрация β -эндорфина в основной группе была выше на 38,3 и 35,0%, чем в группе сравнения ($p < 0,05$).

Заключение: Результаты проведенного исследования наглядно свидетельствуют об кардиопротективном и антиаритмическом потенциале применения ТЭС-терапии у пациентов с ИМ и нарушениями ритма сердца после проведения ЧТКА со стентированием.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика, ТЭС-терапия

Цитировать: Каде А.Х., Сорокина Е.А., Рафф С.А., Трофименко А.И., Занина Е.С., Муратова А.Ю. ТЭС-терапия как метод коррекции нарушений ритма сердца после проведения чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластики со стентированием у пациентов с инфарктом миокарда. *Инновационная медицина Кубани*. 2022;(3):29–36. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-3-29-36>



tPCS as a method for correcting cardiac arrhythmias after percutaneous transluminal coronary angioplasty with stenting in patients with myocardial infarction

Azamat Kh. Kade^{1,2}, Ekaterina A. Sorokina¹, Stanislav A. Raff^{1,2}, Artem I. Trofimenko^{1,2,3*}, Ekaterina S. Zanina¹, Anna Yu. Muratova⁴

¹Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

²Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital no. 1, Krasnodar, Russian Federation

³Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

⁴North Caucasus Federal University, Stavropol, Russian Federation

*Artem I. Trofimenko, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital no. 1, 167, 1 Maya str., Krasnodar, 350086, artemtrofimenko@mail.ru

Received: March 17, 2022. Received in revised form: July 20, 2022. Accepted: August 19, 2022.

Abstract

Objective: To study the effect of transcranial pulsed current stimulation (tPCS) therapy on cardiac arrhythmias developed after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) with stenting in patients with myocardial infarction (MI).

Material and methods: Characteristics of patient groups: the comparison group ($n = 17$) – with myocardial infarction, after PTCA with stenting, standard treatment; the main group ($n = 21$) – the same and tPCS therapy. Control points of the study: 1st day – Electrocardiography (ECG), Echocardiography (ECHO), Creatine phosphokinase (CPK), Creatine phosphokinase-MB (CPK-MB), Troponin-I, potassium, β -endorphin; 5th day – the same without ECHO; 10th day – the same and ECG with the determination of harmony and quantum of the electromagnetic flux of the cardiac cycle. PTCA was performed using drug-eluting stents. tPCS therapy was performed in pulsed bipolar mode, current strength 2 mA, current frequency 77.5 Hz, session duration 45 min.

Results: In patients of the main group (against the background of tPCS therapy), the studied parameters of the cardiac cycle approached the optimal values. It was shown that intergroup differences in harmony ($p = 0.002$) and the size of the electromagnetic flux quantum of the cardiac cycle ($p = 0.001$) are statistically significant. Also, against the background of the tPCS therapy, the concentration of highly sensitive troponin-I is statistically significantly ($p = 0.0042$) lower by 109%. On the 5th and 10th days of the study, the serum concentration of β -endorphin in the main group was higher by 38.3 and 35.0% than in the comparison group ($p < 0.05$).

Conclusion: The results of the study clearly demonstrate the cardioprotective and antiarrhythmic potential of tPCS therapy in patients with myocardial infarction and cardiac arrhythmias after PTCA with stenting.

Keywords: myocardial infarction, percutaneous transluminal coronary angioplasty, tPCS therapy

Cite this article as: Kade A.Kh., Sorokina E.A., Raff S.A., Trofimenko A.I., Zanina E.S., Muratova A.Yu. tPCS therapy as a method for correcting cardiac arrhythmias after percutaneous transluminal coronary angioplasty with stenting in patients with myocardial infarction. *Innovative Medicine of Kuban*. 2022;(3):29–36. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-3-29-36>

Введение

Чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика (ЧТКА) со стентированием является одним из наиболее перспективных высокотехнологичных методов малоинвазивного хирургического лечения инфаркта миокарда (ИМ) [1]. Наряду с очевидной пользой ЧТКА при лечении ИМ, существуют также определенные риски, к их числу относят нарушения ритма сердца (НРС) [2, 3]. Известно, что НРС развиваются в $\approx 5\%$ случаев после проведения ЧТКА при лечении ИМ и оказывают негативное влияние на исход заболевания [1].

Разработка новых, безопасных и патогенетически обоснованных, немедикаментозных методов профилактики и лечения НРС после ЧТКА у пациентов с ИМ является актуальной задачей современной кардиологии. Одним из перспективных способов решения вышеуказанной проблемы может стать ТЭС-терапия (транскраниальная электростимуляция).

ТЭС-терапия – метод неинвазивной электростимуляции биполярным импульсным током с частотой 77,5 Гц и плотностью протекания тока через структуры антиноцицептивной и стресс-лимитирующей системы ствола головного мозга 0,01–0,05 мА/см²,

приводящий к повышению продукции β -эндорфина и опосредованному им стресс-протективному гомеостатическому влиянию на единую нейроиммуноэндокринную реакцию организма, развивающуюся в ответ на повреждение [4, 5].

Цель исследования

Изучить влияние ТЭС-терапии на течение НРС, развившихся после проведения ЧТКА со стентированием у пациентов с ИМ.

Материал и методы

Исследование проведено в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Токио, Япония, 1975; ред. Форталеза, Бразилия, 2013). Протокол исследования одобрен на заседании независимого этического комитета на базе ФГБУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ (протокол № 82 от 18.10.2019 г.).

Критерии включения: мужчины и женщины в возрасте от 35 до 75 лет с Q-позитивным и Q-негативным ИМ; проведение ЧТКА со стентированием; развитие НРС после ЧТКА со стентированием; подписание

добровольного информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения: дебют острого инфекционного заболевания в период госпитализации; фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) $\leq 28\%$; кома; проведение системной тромболитической терапии; отказ от участия в исследовании на любом этапе.

Характеристика групп пациентов: группа 1 ($n = 17$, сравнения) – пациенты с ИМ после ЧТКА со стентированием, стандартное лечение [1]; группа 2 ($n = 21$, основная) – пациенты с ИМ после ЧТКА со стентированием, стандартное лечение [1] и применение ТЭС-терапии.

Контрольные точки исследования: 1-е сутки – ЭКГ, ЭхоКГ, КФК, КФК-МВ, Тропонин I, калий, β -эндорфин; 5-е сутки – то же, но без ЭхоКГ; 10-е сутки – то же и ЭКГ с определением гармоничности и кванта электромагнитного потока кардиоцикла.

ЧТКА выполняли с использованием стентов Promus Premier (Boston Scientific, Ирландия) разных длин и диаметров с лекарственным покрытием (рапамицин).

ТЭС-терапия проводилась с помощью двухпрограммного электростимулятора «ТРАНСАИР-03» (ООО «Центр транскраниальной электростимуляции», Санкт-Петербург). Использованы следующие параметры электростимуляции: импульсный биполярный режим, фронто-мастоидальное наложение электродов, сила тока 2 мА, частота тока 77,5 Гц, продолжительность сеанса 45 мин [6]. С первого дня госпитализации пациентам основной группы всего проведено 10 процедур с частотой 1 сеанс в сут.

Определение показателей КФК и КФК-МВ проводили на аппарате Advia 2400 (Siemens Healthineers, Германия) реагентами Advia Chemistry Creatine Kinase Reagents (Siemens Healthcare Diagnostics, Германия). Тропонин I высокочувствительный выполнялся на аппарате Advia Centaur (Siemens Healthineers, Германия) реагентами ADVIA Centaur cTnI-Ultra (Siemens Healthcare Diagnostics, Германия). Концентрацию калия определяли на аппарате RAPIDLab® 1265 (Siemens Healthineers, Германия). Концентрацию β -эндорфина измеряли в сыворотке крови с использованием тест-системы для иммуноферментного анализа (CEA806Hu, ELISA Kit for Beta-Endorphin, Cloud-Clone, Китай) на микропланшетном фотометре Multiskan FC (Thermo Scientific, Финляндия).

ЭКГ в 12-ти отведениях проведена с помощью электрокардиографа Schiller Cardiovit AT-1 (Schiller AG, Швейцария), а ЭхоКГ – на аппарате Philips IE33 (Philips, Нидерланды). При системном анализе ЭКГ в качестве интегральных параметров оценки кардиоцикла использовали гармоничность и величину кванта электромагнитного потока [7, 8].

Статистическую обработку проводили с помощью программы GraphPad Prism 7 (GraphPad Company,

США). Проверка нормальности распределения осуществлялась с помощью критериев Шапиро-Уилка и Д'Агостино-Пирсона. Для описания данных с распределением отличным от Гауссова использовали медиану (Me) и интерквартильный интервал (Q1–Q3), а при соответствии – среднее арифметическое и стандартное отклонение. Для описания результатов обработки ЭКГ применяли среднее геометрическое, доверительные интервалы и стандартное отклонение для среднего геометрического. Порядковые и бинарные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Динамику изучаемых показателей выражали в виде процентного изменения, различия между группами – в виде процентной разницы. Для анализа таблиц сопряженности использовали критерий согласия Пирсона, при необходимости вводили поправку на правдоподобие, а в случае малого размера выборки использовали двусторонний точный критерий Фишера. При парных сравнениях независимых групп в случае соответствия распределения данных нормальному закону использовали двусторонний тест Стьюдента (T-test), в иных – двусторонний критерий Манна-Уитни. Анализ зависимых групп по контрольным точкам исследования проводили с помощью критерия Фридмана, а парные межгрупповые сравнения с использованием post-hoc теста Данна. Критический уровень значимости – $p < 0,05$.

Результаты

В исследовании исходно задействовано 44 пациента, исключены из анализа 6 участников: из основной – 1 и группы сравнения – 5.

Средний возраст пациентов – $62,24 \pm 10,01$ года, доля мужчин – более 80% (31 пациент). Преобладали пациенты с Q-позитивным ИМ – более 76% (29 пациентов). При этом у 34 из 38 включенных в исследование пациентов выполнено ЧТКА со стентированием в бассейне правой коронарной артерии (ПКА). Средняя ФВ ЛЖ на начало исследования – $43,84 \pm 8,5\%$. Статистически значимых межгрупповых различий по представленным выше признакам не выявлено, что указывает на сопоставимость групп по перечисленным параметрам (табл. 1).

На начало исследования в группах было выявлено примерно равное количество пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП) и желудочковой экстрасистолией (ЖЭ) ($p = 0,7446$), на 5-е сутки в группе сравнения у 59% ($n = 10$) и основной группе у 5% ($n = 1$) наблюдались НРС с превалированием ФП.

Обращает также на себя внимание, что на 10-е сутки исследования в группе сравнения у 24% ($n = 4$) сохранялась ФП, при этом в основной группе у всех пациентов восстановился синусовый ритм (табл. 2).

В ходе системного анализа ЭКГ на 10-е сутки исследования у всех пациентов выявлены отклонения

от нормальных значений гармоничности – 1,309 у.е. и величины кванта электромагнитного потока кардиоцикла – 0,246 с*мВб (рис. 1).

Таблица 1
Характеристика пациентов с ИМ после проведения ЧТКА со стентированием
Table 1
Characteristics of patients with MI after PTCA with stenting

	Группа 1				Группа 2			
Возраст, лет	62,82 ± 12,86				61,76 ± 7,252			
T-test	t = 0,3096; p = 0,7640							
Пол	муж.		жен.		муж.		жен.	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
	14	82	3	18	17	81	4	19
χ ²	χ ² = 0,040, p = 0,8352							
ФВ ЛЖ, %	44,47 ± 9,193				43,33 ± 8,095			
T-test	t = 0,3998; p = 0,6920							
ИМ	Q+		Q-		Q+		Q-	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
	13	76	4	14	16	76	5	14
	χ ² = 0,060, p = 0,8099							
ЧТКА								
ПНА	7				10			
ПКА	7				10			
Другие (ОА, ЛКА, ЛЖВ ПКА)	3				1			

Прим.: ПНА – передняя нисходящая артерия; ЛЖВ ПКА – левая желудочковая ветвь ПКА; ОА – огибающая артерия; ЛКА – левая коронарная артерия

Notes: ADA – anterior descending artery; RCA LVH – left ventricular branch of the RCA; CA – circumflex artery; LCA – left coronary artery

Таблица 2
Характеристика сердечного ритма у пациентов после проведения ЧТКА со стентированием
Table 2
Characteristics of the heart rate in patients after PTCA with stenting

Показатель	СР		НРС		ФП		ЖЭ	
	Группа	1	2	1	2	1	2	1
1-е сутки	0	0	17	21	9	8	9	12
Fisher's exact p, two-tailed	abs.				0,7446			
5-е сутки	7	20	10	1	6	1	3	0
10-е сутки	13	21	4	0	4	0	0	0

Прим.: СР – синусовый ритм; НРС – нарушения ритма сердца; ФП – фибрилляция предсердий; ЖЭ – желудочковая экстрасистолия

Notes: SR – sinus rhythm; CA – cardiac arrhythmias; AF – atrial fibrillation; VE – ventricular extrasystoles

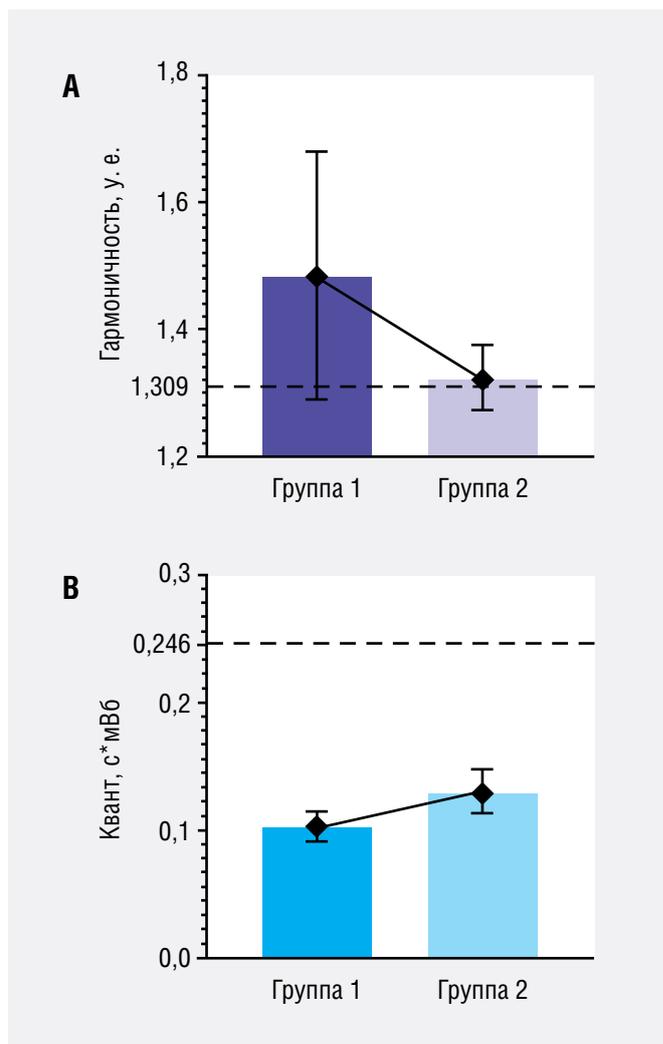


Рисунок 1. Характеристика межгрупповых различий в значении гармоничности (А) и кванта электромагнитного потока (В) кардиоцикла пациентов группы сравнения и основной на 10-е сутки от начала госпитализации
Figure 1. Characteristics of intergroup differences in the value of harmony (А) and quantum of electromagnetic flux (В) of the cardiac cycle of patients in the comparison and main groups on the 10th day of hospitalization

При этом у пациентов основной группы (на фоне ТЭС-терапии) отмечено приближение исследуемых параметров кардиоцикла к оптимальным значениям (рис. 1). Показано, что межгрупповые различия по гармоничности ($p = 0,002$) и величине кванта электромагнитного потока кардиоцикла ($p = 0,001$) являются статистически значимыми (табл. 3).

На начало анализа между исследуемыми группами по показателям КФК, КФК-МВ и ТР-I статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 4).

В ходе анализа концентрации калия при проведении как парных межгрупповых сравнений по контрольным точкам исследования, так и в динамике внутри исследуемых групп статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 4, рис. 2).

Таблица 3
Сравнительная характеристика интегральных параметров кардиоцикла после проведения ЧТКА со стентированием у пациентов с ИМ на 10-е сутки от начала госпитализации

Table 3
Comparative characteristics of the integral parameters of the cardiac cycle after PTCA with stenting in patients with MI on the 10th day of hospitalization

Показатель	Гармоничность, у.е.		Квант, с×мВб	
	1	2	1	2
Группа	1	2	1	2
Geo Mean	1,469	1,322	0,102	0,130
Geo SD	1,153	1,087	1,283	1,328
Geo Confidence ± 95%	1,378–1,568	1,273–1,373	0,091–0,115	0,114–0,148
MW-test	0,002		0,001	

Таблица 4
КФК, КФК-МВ, ТР-I и калий в динамике по контрольным точкам исследования

Table 4
СРК, СРК-МВ, ТР-I and potassium in dynamics by control points of the study

Показатель	КФК, Ед/л		КФК-МВ, Ед/л		ТР-I, нг/мл		Калий, ммоль/л	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Группа	1	2	1	2	1	2	1	2
1-е сутки	2039 (854–4224)	2555 (701,5–3952)	307,9 (112,2–464,3)	271,8 (93,5–315,2)	50 (45–72,8)	50 (42,3–180)	4 (3,7–4,6)	4,4 (3,95–4,5)
MW-test	$p = 0,8847$		$p = 0,3517$		$p = 0,8794$		$p = 0,3234$	
Dunn's test, $p_{1,2}$	0,0107	0,0036	0,0303	0,0036	0,1777	0,0061	0,1457	0,9999
5-е сутки	849 (374,5–1729)	224 (131–791,5)	86 (48,8–182,5)	30 (20,3–63,35)	45,3 (20,35–50)	15,3 (10,65–23,55)	4,4 (4,15–4,7)	4,5 (3,95–4,8)
MW-test	$p = 0,0071$		$p = 0,0043$		$p = 0,0007$		$p = 0,9478$	
Dunn's test, $p_{2,3}$	0,0107	0,0036	0,0061	0,0036	0,0018	0,0027	0,9999	0,9999
10-е сутки	180 (113,9–242,2)	77 (59,5–166)	21,5 (12,65–55,45)	11,8 (6,15–19,95)	6,1 (3,7–23,95)	1,8 (0,85–5,05)	4,2 (4–4,65)	4,6 (4,2–5)
MW-test	$p = 0,0018$		$p = 0,0088$		$p = 0,0042$		$p = 0,1012$	
Friedman's test, p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0945	0,5523
ПИ ₁₋₃₂ , %	-91,2	-96,7	-93,0	-95,7	-87,8	-96,4	+5,0	+4,5
Dunn's test, $p_{1,3}$	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,3098	0,9999

При этом при проведении по показателям КФК, КФК-МВ и ТР-I как парных межгрупповых сравнений на 5-е и 10-е сутки исследования, так и сравнений в динамике внутри исследуемых групп выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$), свидетельствующие о более низком уровне маркеров альтерации миокарда на фоне применения ТЭС-терапии. Следует отметить, что на 10-е сутки исследования у всех пациентов активность КФК, КФК-МВ практически возвращается в диапазон нормальных значений. При этом концентрация высокочувствительного тропонина-I в обеих группах остается выше нормы. Однако на фоне применения ТЭС-терапии содержание высокочувствительного тропонина-I статистически значимо ($p = 0,0042$) меньше на 109%, чем в группе сравнения (табл. 4, рис. 2).

На начало исследования между исследуемыми группами по сывороточной концентрации β-эндорфина статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$).

В группе 2 на 5-е сутки на фоне применения ТЭС-терапии концентрация β-эндорфина была выше на 38,3%, чем в группе сравнения ($p < 0,05$). На 10-е сутки в основной группе сывороточная концентрация β-эндорфина была выше на 35,0%, чем в группе сравнения ($p < 0,05$).

В ходе внутригруппового анализа в группе сравнения выявлено статистически значимое падение концентрации β-эндорфина на 42,4% ($p < 0,05$). При этом в основной группе статистически значимых изменений по данному показателю не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 5, рис. 3).

Обсуждение

Полученные на начало исследования результаты показали равную частоту ФП и ЖЭ, что является характерным для НРС после проведения ЧТКА со стентированием в бассейне ПКА [9, 10].

Одним из факторов риска развития НРС является изменение концентрации калия, однако в ходе

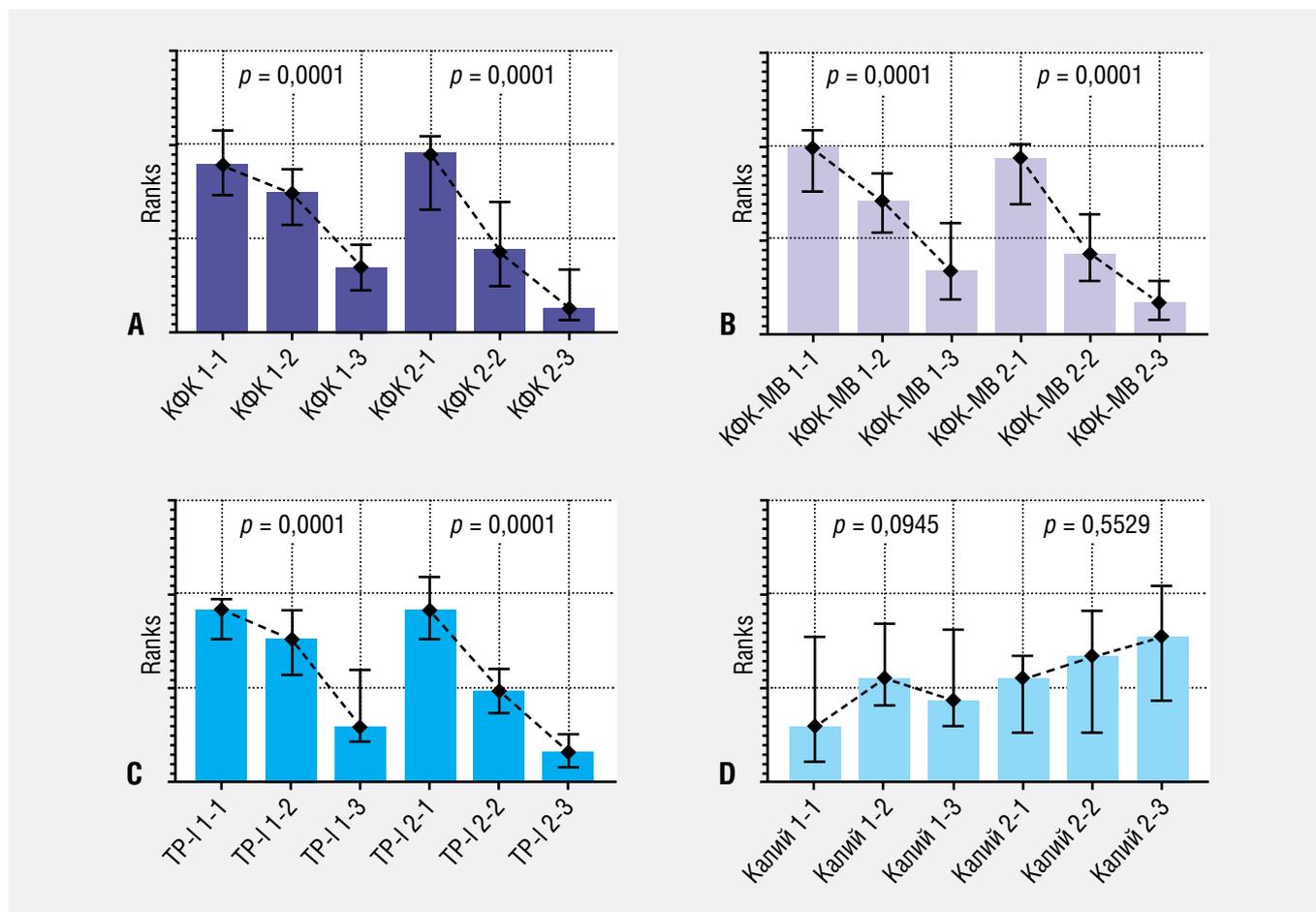


Рисунок 2. Характеристика внутригрупповой динамики КФК, КФК-МВ, ТР-1 и калия у пациентов группы сравнения и основной, по контрольным точкам исследования, Me (Q1–Q3), критерий Фридмана
 Figure 2. Characteristics of the intragroup dynamics of CPK, CPK-MB, TR-I and potassium in patients of the comparison and main groups according to the control points of the study, Me (Q1–Q3), Friedman’s criterion

Таблица 5
 β-эндорфин в динамике по контрольным точкам исследования, пг/мл
 Table 5
 β-endorphin in dynamics by control points of the study, pg/ml

Группа	1	2
1-е сутки	118,8 (75,9–164,1)	153,5 (77,6–169,0)
MW-test	$p = 0,5368$	
5-е сутки	70,3 (50,2–89,2)	103,6 (82,9–168,2)
MW-test	$p = 0,0014$	
10-е сутки	68,4 (55,0–95,6)	97,4 (62,6–133,4)
MW-test	$p = 0,0379$	
Friedman’s test	$p = 0,0121$	$p = 0,4046$
Dunn’s test	$p_{1-2} = 0,0303$ $p_{1-3} = 0,0303$ $p_{2-3} = 0,9999$	$p_{1-2} = 0,9999$ $p_{1-3} = 0,9999$ $p_{2-3} = 0,9999$

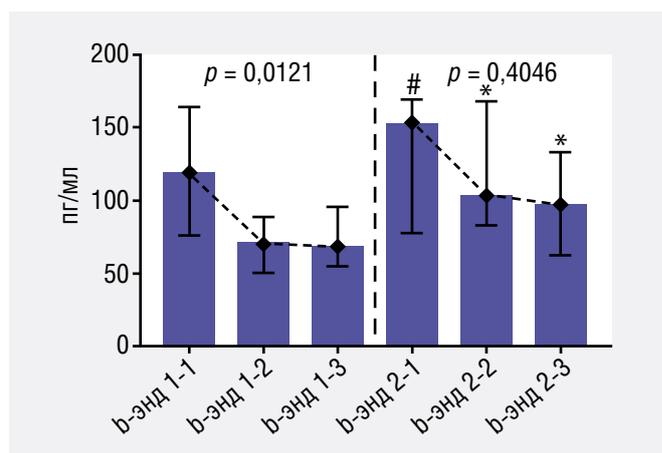


Рисунок 3. Характеристика внутригрупповой динамики β-эндорфина у пациентов группы сравнения и основной, по контрольным точкам исследования, Me (Q1–Q3), внутригрупповой анализ – критерий Фридмана, парные межгрупповые сравнения – критерий Манна-Уитни
 Figure 3. Characteristics of the intragroup dynamics of β-endorphin in patients of the comparison and main groups according to the control points of the study, Me (Q1–Q3), intragroup analysis was performed using the Friedman criterion, paired intergroup comparisons using the Mann-Whitney U test

исследования не выявлено внутри- и межгрупповых различий по данному показателю, что позволяет исключить его влияние [9].

В ходе системного геометрического анализа ЭКГ на 10-е сутки исследования у всех больных выявлены отклонения от нормальных значений гармоничности – 1,309 у.е. [7] и величины кванта электромагнитного потока кардиоцикла – 0,246 с×мВб, что свидетельствует о выраженной дисрегуляции сердечной деятельности [8].

Ключевую роль в патогенезе НРС после ЧТКА играет реперфузионное повреждение миокарда [11], которое в комплексе с гиперкатехоламинемией и гиперпродукцией провоспалительных цитокинов [12, 13] ассоциировано с активацией оксидативного стресса и неспецифического воспаления и приводит к электрической стабильности миокарда [10, 12]. При этом у пациентов основной группы (на фоне ТЭС-терапии) отмечено приближение исследуемых параметров кардиоцикла к оптимальным значениям, в отличие от группы сравнения.

Стоит отметить, в ряде экспериментальных исследований на моделях ишемии миокарда метод ТЭС-терапии корригировал неспецифическое воспаление [14] и оксидативный стресс [15], предупреждал негативное влияние катехоламинов на сердце [15, 16]. Полученные при интегральном анализе кардиоцикла данные подтверждаются более низкими значениями маркеров миокардиоальтерации у пациентов основной группы на 5-е и 10-е сут. исследования.

Обращает на себя внимание, что на фоне применения ТЭС-терапии концентрация β-эндорфина была выше на 5-е сутки на 38,3% и на 10-е сутки на 35,0%, чем в группе сравнения. В ходе внутригруппового анализа на фоне применения ТЭС-терапии, в отличие от группы сравнения, не выявлено снижения концентрации β-эндорфина к 10-м суткам наблюдения.

По данным литературы известно, что опиоидные пептиды, в частности, β-эндорфин обладают кардиопротективным эффектом, опосредованным активацией периферических δ2- и μ-опиоидных рецепторов [17].

Таким образом, применение ТЭС-терапии у пациентов с НРС после проведения ЧТКА со стентированием в связи с ИМ к 10-м суткам исследования сопровождается тенденцией к регрессу НРС, нормализации гармоничности и величины кванта электромагнитного потока кардиоцикла, падением уровня высокочувствительного тропонина-I, что свидетельствует в пользу кардиопротективного и антиаритмического потенциала ТЭС-терапии. Вышеназванные позитивные изменения наблюдаются на фоне стабилизации сывороточной концентрации β-эндорфина, что свидетельствует об участии опиоидергической системы в механизме терапевтического эффекта ТЭС-терапии

и косвенно подтверждается данными экспериментальных исследований на моделях ишемии миокарда.

Выводы

1. Для пациентов с ИМ после проведения ЧТКА со стентированием в бассейне правой коронарной артерии характерно развитие ФП и ЖЭ.

2. У пациентов с ИМ после проведения ЧТКА со стентированием нарушения ритма сердца сопровождаются снижением сывороточной концентрации β-эндорфина к 5-м и 10-м суткам наблюдения.

3. Применение ТЭС-терапии предотвращает падение уровня β-эндорфина. При этом наблюдается лучшая динамика по НРС, интегральным параметрам кардиоцикла и маркерам альтерации миокарда.

Литература/References

1. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40(2):87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
2. Taha HSED, Shaker MM. Percutaneous management of reperfusion arrhythmias during primary percutaneous coronary intervention: a case report. *Egypt Heart J*. 2021;73(1):30. PMID: 33765245. PMCID: PMC7994471. <https://doi.org/10.1186/s43044-021-00158-5>
3. Arslan Ş, Batı S, Kılıçarslan O, et al. Incidence of atrial fibrillation and its effects on long-term follow-up outcomes in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction. *Anatol J Cardiol*. 2021;25(9):609–616. PMID: 34498591. PMCID: PMC8443207. <https://doi.org/10.5152/AnatolJCardiol.2021.26020>
4. Липатова А.С., Поляков П.П., Каде А.Х. и др. Влияние транскраниальной электростимуляции на выносливость крыс с разной устойчивостью к стрессу. *Биомедицина*. 2018;1:84–91. Lipatova AS, Poljakov PP, Kade AKh, et al. The influence of transcranial direct current stimulation on the endurance of rats with different stress vulnerability. *Journal Biomed*. 2018;1:84–91. (In Russ.).
5. Токарев А.Р., Паньшина М.В., Хадарцева К.А. и др. Сочетанное применение транскраниальной электростимуляции в восстановительной и спортивной медицине. *Клиническая медицина и фармакология*. 2019;5(2):48–52. https://doi.org/10.12737/article_5d6620b28bd391.73091301 Tokarev AR, Panshina MV, Khadartseva KA, et al. The combined use of transcranial electro-stimulation in rehabilitation and sports medicine. *Clinical Medicine and Pharmacology*. 2019;5(2):48–52. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_5d6620b28bd391.73091301
6. Вусик И.Ф., Каде А.Х., Куценко И.И. Влияние ТЭС-терапии на уровень адреналина в крови в патологическом предлиминарном периоде. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2012;132(3):38–41. Vusik IF, Kade AKh, Kutsenko II. CES-Therapy Influence on Blood Adrenaline Level in Case of Abnormal Preliminary Period. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2012;132(3):38–41. (In Russ.).
7. Макарычев В.А., Дмитриева Н.В., Бадиков В.И. Интегральная оценка сердечной деятельности на основе симметричного подхода к анализу ЭКГ. *Физиология человека*. 1992;18(1):136–140. PMID: 1612239. Makarychev VA, Dmitrieva NV, Badikov VI. Integral assessment of cardiac activity based on the symmetry approach to ECG analysis. *Hum Physiol*. 1992;18(1):136–140. (In Russ.). PMID: 1612239.

8. Дмитриева Н.В. *Системная электрофизиология. Системный анализ электрофизиологических процессов*. 2-е изд. М.: Либроком; 2020:252.

Dmitrieva NV. *System electrophysiology. System analysis of electrophysiological processes*. 2nd ed. Moscow: Librokom; 2020:252. (In Russ.).

9. Нейманн Ф.Дж., Соуса-Ува М., Ахлссон А. и др. Рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018. *Российский кардиологический журнал*. 2019;24(8):151–226. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-151-226>

Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;24(8):151–226. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-151-226>

10. Shaik FA, Slotwiner DJ, Gustafson GM, et al. Intra-procedural arrhythmia during cardiac catheterization: A systematic review of literature. *World J Cardiol*. 2020;12(6):269–284. PMID: 32774779. PMCID: PMC7383354. <https://doi.org/10.4330/wjc.v12.i6.269>

11. Wehrens XH, Doevendans PA, Ophuis TJ, et al. A comparison of electrocardiographic changes during reperfusion of acute myocardial infarction by thrombolysis or percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am Heart J*. 2000;139(3):430–436. PMID: 10689257. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(00\)90086-3](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(00)90086-3)

12. Neri M, Fineschi V, Di Paolo M, et al. Cardiac oxidative stress and inflammatory cytokines response after myocardial infarction. *Curr Vasc Pharmacol*. 2015;13(1):26–36. PMID: 23628007. <https://doi.org/10.2174/1570161113119990003>

13. Álvarez-García J, Vives-Borrás M, Gomis P, et al. Electrophysiological effects of selective atrial coronary artery occlusion in humans. *Circulation*. 2016;133(23):2235–2242. PMID: 27151531. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.116.021700>

14. Занин С.А., Каде А.Х., Трофименко А.И. и др. Коррекция цитокинового статуса при ишемическом поражении сердца и мозга при помощи ТЭС-терапии. *Цитокины и воспаление*. 2015;14(3):30–34.

Zanin SA, Kade AKh, Trofimenko AI, et al. Correction of cytokine status in ischemic lesions of the heart and brain using TES-therapy. *Cytokines & inflammation*. 2015;14(3):30–34. (In Russ.).

15. Каде А.Х., Сорокина Е.А. Стресс-индуцированное повреждение миокарда и антиаритмический эффект опиоидных пептидов. *Кардиология в Беларуси*. 2020;12(6):888–901. <https://doi.org/10.34883/pi.2020.12.6.010>

Kade AKh, Sorokina EA. Stress-Induced Myocardial Damage and Antiarrhythmic Effect of Opioid Peptides. *Cardiology in Belarus*. 2020;12(6):888–901. (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/pi.2020.12.6.010>

16. Трофименко А.И., Каде А.Х., Лебедев В.П. и др. Влияние ТЭС-терапии на исходы острого адреналинового повреждения сердца у крыс. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2013;140(5):174–180.

Trofimenko AI, Kade AKh, Lebedev VP, et al. Influence of TES-therapy on outcomes of sharp adrenergic damage of heart at rats. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2013;140(5):174–180. (In Russ.).

17. Maslov LN, Naryzhnaia NV, Tsibulnikov SY, et al. Role of endogenous opioid peptides in the infarct size-limiting effect of adaptation to chronic continuous hypoxia. *Life sciences*. 2013;93(9–11):373–379. PMID: 23891777. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2013.07.018>

Сведения об авторах

Каде Азамат Халидович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой общей и клинической патологической физиологии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-0694-9984>

Сорокина Екатерина Андреевна, аспирант кафедры общей и клинической патологической физиологии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7010-4460>

Рафф Станислав Анатольевич, к. м. н., врач-кардиолог, заведующий кардиологическим отделением № 1, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; доцент кафедры терапии № 1 ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5791-4677>

Трофименко Артем Иванович, к. м. н., научный сотрудник научно-организационного отдела, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; доцент кафедры общей и клинической патологической физиологии, Кубанский государственный медицинский университет; научный сотрудник лаборатории психофизиологических исследований, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7140-0739>

Занина Екатерина Сергеевна, студентка 4-го курса лечебного факультета, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-8027-628X>

Муратова Анна Юрьевна, д. м. н., профессор кафедры биохимии, молекулярной биологии и медицины, Северо-Кавказский федеральный университет (Ставрополь, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7213-679X>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Azamat Kh. Kade, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General and Clinical Pathophysiology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-0694-9984>

Ekaterina A. Sorokina, Postgraduate Student, Department of General and Clinical Pathophysiology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7010-4460>

Stanislav A. Raff, Cand. Sci. (Med.), Cardiologist, Head of the Cardiology Department no. 1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital no. 1; Associate Professor, Department of Therapy no. 1, Faculty of Advanced Training and Professional Retraining of Specialists, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5791-4677>

Artem I. Trofimenko, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Scientific Department, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital no. 1; Associate Professor, Department of General and Clinical Pathophysiology, Kuban State Medical University; Researcher, Psychophysics Laboratory, Kuban State Technological University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7140-0739>

Ekaterina S. Zanina, 4th year Student, Faculty of Medicine, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-8027-628X>

Anna Yu. Muratova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Biochemistry, Molecular Biology and Medicine, North Caucasus Federal University (Stavropol, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7213-679X>

Conflict of interest: none declared.