

Маркеры повреждения и воспаления миокарда после радиочастотной абляции у детей и подростков

Перегудина О. Л., Чуева К. А., Татарский Р. Б., Лебедев Д. С., Васильева Е. Ю., Каюмова Е. Е., Васичкина Е. С.

Цель. Оценить степень повреждения и воспаления миокарда после выполнения радиочастотной абляции у детей и подростков с помощью использования биохимических маркеров.

Материал и методы. В исследование были включены 58 детей с тахикардиями (синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта (WPW), феномен WPW, предсердная тахикардия, пароксизмальная атриовентрикулярная узловая реципрокная тахикардия, желудочковая тахикардия), которым выполнялась катетерная абляция с июля по октябрь 2019г. До и после оперативного лечения (через 2 ч и на 5 сут.) у пациентов были определены в крови концентрации биомаркеров повреждения и воспаления миокарда (миоглобин, креатинфосфокиназа-МВ, интерлейкин-8, С-реактивный белок, фактор некроза опухоли альфа, металлопротеиназа (ММП)-2, ММП-9, сердечная форма белка, связывающего жирные кислоты). В ходе операции фиксировались параметры катетерной абляции (мощность, температура, продолжительность аппликаций), локализация аритмогенного очага и тип абляционного катетера и проводился поиск их взаимосвязи с динамикой концентрации биохимических маркеров до и после интервенционного лечения.

Результаты. Через 2 ч после операции концентрации миоглобина, креатинфосфокиназы-МВ, ММП-9, сердечной формы белка, связывающего жирные кислоты, были повышены в несколько раз ($p < 0,05$); динамики концентраций интерлейкина-8, фактора некроза опухоли альфа после операции не выявлено. На 5 сут. повышенные уровни кардиомаркеров в крови вернулись к исходным значениям, концентрация ММП-9 также снизилась, однако была выше дооперационного уровня. С помощью использования корреляционного анализа Спирмена выявлена прямая взаимосвязь между длительностью абляционных аппликаций и уровнем белка, связывающего жирные кислоты.

Заключение. Радиочастотная абляция является безопасным методом лечения аритмий у детей и подростков, т.к. объем поврежденного миокарда крайне мал, в связи с небольшим подъемом уровня биохимических маркеров после абляции (миоглобин, креатинфосфокиназа-МВ, белок, связывающий жирные кислоты, ММП-9), несопоставимым с уровнем их подъема при остром коронарном синдроме, а также быстрой динамикой их снижения в раннем послеоперационном периоде.

Ключевые слова: радиочастотная абляция, миокард, нарушения ритма сердца, миоглобин, белок, связывающий жирные кислоты, металлопротеиназа-9, параметры абляции.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия.

Перегудина О. Л.* — врач-детский кардиолог, аспирант кафедры детских болезней, ORCID: 0000-0002-2761-7209, Чуева К. А. — врач-детский кардиолог, ORCID: 0000-0002-5027-0565, Татарский Р. Б. — д.м.н., в.н.с. научно-исследовательской лаборатории научно-исследовательского отдела аритмологии, профессор кафедры детских болезней, ORCID: 0000-0001-6752-3306, Лебедев Д. С. — д.м.н., профессор РАН, руководитель НИО аритмологии, г.н.с., профессор кафедры хирургических болезней, врач-сердечно-сосудистый хирург, заслуженный деятель науки России, ORCID: 0000-0002-2334-1663, Васильева Е. Ю. — врач клинической лабораторной диагностики, зав. центральной клинико-диагностической лабораторией, ORCID: 0000-0002-2115-8873, Каюмова Е. Е. — врач клинической лабораторной диагностики ЦКДЛ, ORCID: 0000-0002-0141-6986, Васичкина Е. С. — д.м.н., г.н.с. НИО сердечно-сосудистых заболеваний у детей, профессор кафедры детских болезней, ORCID: 0000-0001-7336-4102.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Olja095@gmail.com

ИЛ — интерлейкин, КФК-МВ — креатинфосфокиназа-МВ, ММП — металлопротеиназа, РЧА — радиочастотная абляция, с-БСЖК — сердечная форма белка, связывающего жирные кислоты, СРБ — С-реактивный белок, ФНО- α — фактор некроза опухоли альфа, WPW — синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта.

Рукопись получена 04.11.2021

Рецензия получена 01.12.2021

Принята к публикации 10.12.2021



Для цитирования: Перегудина О. Л., Чуева К. А., Татарский Р. Б., Лебедев Д. С., Васильева Е. Ю., Каюмова Е. Е., Васичкина Е. С. Маркеры повреждения и воспаления миокарда после радиочастотной абляции у детей и подростков. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(12):4756. doi:10.15829/1560-4071-2021-4756

Markers of myocardial injury and inflammation after radiofrequency ablation in children and adolescents

Peregudina O. L., Chueva K. A., Tatarsky R. B., Lebedev D. S., Vasilyeva E. Yu., Kayumova E. E., Vasichkina E. S.

Aim. To assess the severity of myocardial damage and inflammation after radiofrequency ablation in children and adolescents using biochemical markers.

Material and methods. The study included 58 children with tachyarrhythmias (Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome, WPW phenomenon, atrial tachycardia, paroxysmal atrioventricular reciprocating tachycardia, ventricular tachycardia) who underwent catheter ablation from July to October 2019. Before and after surgical treatment (after 2 hours and 5 days), the blood concentrations of myocardial damage and inflammation biomarkers (myoglobin, creatine phosphokinase-MB, interleukin-8, C-reactive protein, tumor necrosis factor alpha, metalloproteinase (MMP)-2, MMP-9, heart-type fatty acid binding protein). During the operation, catheter ablation parameters (power, temperature, application duration), the localization of arrhythmogenic focus and the type of ablation catheter were recorded. Their relationship with changes in the concentration of biochemical markers before and after intervention was studied.

Results. Two hours after the operation, the concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase-MB, MMP-9, heart-type fatty acid binding protein were increased several times ($p < 0,05$). Changes in concentrations of interleukin-8, tumor necrosis factor alpha after the operation was not revealed. On the 5th day, elevated levels of cardiac markers returned to baseline values. MMP-9 level also decreased, but was higher than the preoperative level. Using Spearman's correlation analysis, a direct relationship was revealed between the application duration and heart-type fatty acid binding protein level.

Conclusion. Radiofrequency ablation is a safe method of treating arrhythmias in children and adolescents, since there is low volume of damaged myocardium. There was a slight increase in the level of biochemical markers after ablation (myoglobin, creatine phosphokinase-MB, fatty acid binding protein, MMP-9), incomparable with their rise in acute coronary syndrome, as well as the rapid decrease in the early postoperative period.

Keywords: radiofrequency ablation, myocardium, cardiac arrhythmias, myoglobin, fatty acid binding protein, metalloproteinase-9, ablation parameters.

Relationships and Activities: none.

Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg, Russia.

Peregudina O. L.* ORCID: 0000-0002-2761-7209, Chueva K. A. ORCID: 0000-0002-5027-0565, Tatarsky R. B. ORCID: 0000-0001-6752-3306, Lebedev D. S. ORCID: 0000-0002-2334-1663, Vasilyeva E. Yu. ORCID: 0000-0002-2115-8873, Kayumova E. E. ORCID: 0000-0002-0141-6986, Vasichkina E. S. ORCID: 0000-0001-7336-4102.

*Corresponding author:
Olja095@gmail.com

Received: 04.11.2021 **Revision Received:** 01.12.2021 **Accepted:** 10.12.2021

For citation: Peregudina O. L., Chueva K. A., Tatarsky R. B., Lebedev D. S., Vasilyeva E. Yu., Kayumova E. E., Vasichkina E. S. Markers of myocardial injury and inflammation after radiofrequency ablation in children and adolescents. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(12):4756. doi:10.15829/1560-4071-2021-4756

Нарушения ритма сердца являются актуальной проблемой в педиатрии, кардиологии и кардиохирургии. Периодами наибольшего риска развития аритмий в детской популяции по данным разных авторов являются: период новорожденности, возраст 4-5 лет, 7-8 лет и 12-13 лет. У детей встречаются разнообразные нарушения ритма. Некоторые проявляются яркой клинической симптоматикой: ощущение перебоев в сердце, боли в грудной клетке, головные боли, головокружения, одышка, синкопе и пресинкопе [1, 2]. Другие протекают скрыто и являются лишь находкой на электрокардиограмме. Иногда первым и последним проявлением нарушения ритма сердца является внезапная сердечная смерть ребенка [3-5]. Частота встречаемости тяжелых форм аритмий достигает 1:5000 детского населения, а жизнеугрожающих аритмий — 1:7000. Большую группу пациентов составляют дети с нарушениями ритма сердца после оперативной коррекции врожденных пороков сердца [6]. Определенная группа детей нуждается в устранении аритмий по социальным показаниям, например, спортсмены [7-9]. Ранее единственным видом лечения таких пациентов являлся подбор оптимальной антиаритмической терапии, которая улучшает симптоматику, но радикально не влияет на субстрат тахиаритмий. В настоящее время радиочастотная абляция (РЧА) является альтернативой медикаментозной терапии, и во многих случаях становится приоритетным направлением в устранении нарушений ритма сердца [10, 11]. Радиочастотное воздействие, с помощью которого осуществляют деструкцию очага аритмии, оказывает неблагоприятное воздействие на кардиомиоциты. Литература содержит большое количество исследований, отражающих взаимосвязь между повреждением сердечной ткани в ходе процедуры и увеличением в крови уровня биохимических маркеров, степень повышения которых позволяет оценить степень деструкции ткани и эффективность процедуры. Однако преобладающая часть работ касается группы взрослых пациентов, подобных исследований в педиатрической практике крайне мало [12], а экстраполяция результатов исследований взрослой популяции на детское население не-

возможна ввиду того, что взрослые пациенты имеют коморбидные заболевания, наличие которых может повлиять на конечный результат исследования.

Целью нашего исследования была оценка повреждения миокарда при интервенционном лечении нарушений ритма сердца у детей и подростков при помощи динамической оценки маркеров повреждения и воспаления миокарда, а также исследование влияния различных параметров абляции, а также локализации аритмогенного очага и типа абляционно-го катетера на изменение концентрации биохимических маркеров.

Материал и методы

В исследование были включены 58 детей (24 девочки, 34 мальчика), которым выполнялась катетерная абляция с июля по октябрь 2019г. Возраст обследованных пациентов варьирует от 7 до 17 лет (средний возраст на момент операции 14,6 лет). Среди нозологических форм синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта (WPW) диагностирован в 22 (37,9%) случаях, феномен WPW в 14 (24,1%), атриовентрикулярная узловая re-entry тахикардия в 11 (20,7%), желудочковая тахикардия в 5 (8,6%), предсердная тахикардия в 5 (8,6%). Пароксизмальное течение тахикардии отмечено у 39 (68%) человек, у 3 (5%) — постоянно-возвратное, у 3 (5%) — хроническое, у 13 (22%) присутствовал только феномен WPW. Средняя давность аритмического анамнеза составила 28,8 мес. (2 года 3 мес.). Всем детям при поступлении в стационар проведена оценка клинического статуса, выполнены стандартные клинико-лабораторные и диагностические процедуры, а также эндо-электрофизиологическое исследование, анализ крови для определения уровня биохимических маркеров, таких как миоглобин, креатинфосфокиназа-МВ (КФК-МВ), интерлейкин-8 (ИЛ-8), С-реактивный белок (СРБ), фактор некроза опухоли альфа (ФНО- α), металлопротеиназа (ММП)-2, ММП-9, сердечная форма белка, связывающего жирные кислоты (с-БСЖК) до абляции, через 2 ч после абляции, и на 5 сут. после оперативного вмешательства. Оперативное вмешательство проводилось под контролем рентгеноско-

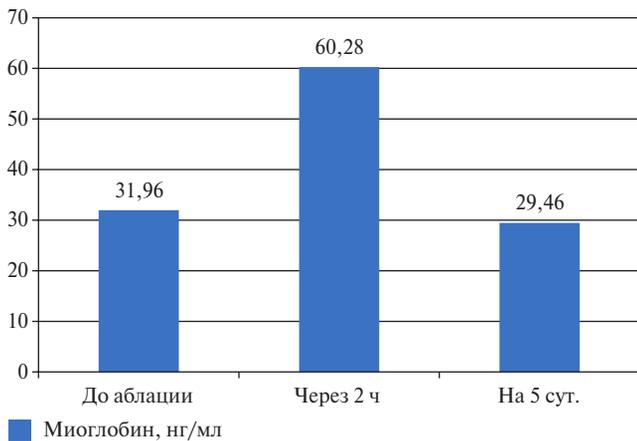


Рис. 1. Динамика миоглобина (нг/мл) в ходе исследования.

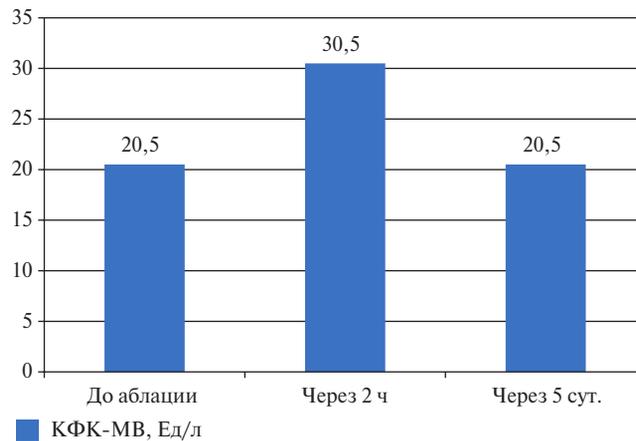


Рис. 2. Динамика КФК-МВ (Ед/л) в ходе исследования.
Сокращение: КФК-МВ — креатинфосфокиназа-МВ.

пии (среднее время облучения 18,7 мин, средняя доза облучения 117,4 мГр = 494,8 мЗв). Доступ к сердцу осуществлялся через бедренную вену или артерию, у 8 пациентов имела место транссептальная пункция при оперативном вмешательстве в левых камерах сердца. В ходе РЧА использовались различные виды катетеров (в 37 случаях — неорошаемый, в 12 случаях с орошением, в 7 — комбинация неорошаемого катетера с орошаемым). В течение операции фиксировались следующие параметры аблации: температура, мощность, продолжительность выполнения аблации; также учитывались локализация аритмогенного очага (в предсердиях/в желудочках, в коронарном синусе, в синусах Вальсальвы, в треугольнике Коха), тип аблационного катетера и проводилось их сопоставление с динамикой маркеров повреждения и воспаления миокарда.

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен Этическими комитетами всех участвующих клинических центров. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica 10 (StatSoft, США). Результаты исследования представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение, медианы и проанализированы с использованием t-критерия независимых выборок. Для сравнения количественных данных использованы критерии Манна-Уитни и Уилкоксона. Для данных с нормальным распределением использован коэффициент корреляции Пирсона, для данных с ненормальным распределением корреляционный анализ Спирмена. Выявленные результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Динамика биохимических маркеров повреждения и воспаления миокарда через 2 ч после РЧА тахикардии у детей

Через 2 ч после операции, в сравнении с исходными показателями, наблюдалось достоверное повышение концентрации миоглобина ($p=0,00003$) в 1,87 раза (на 28 нг/мл), КФК-МВ ($p=0,000002$) в 1,5 раза (на 10 Ед/л), ММП-9 ($p=0,00$) в 1,74 раза (на 80 нг/мл), с-БСЖК ($p=0,000675$) в 1,28 раза (на 0,0429 нг/мл), снижение уровня СРБ ($p=0,035029$) в 1,5 раза (на 0,23 мг/л) (рис. 1-5). Данных о статистическом достоверном изменении уровней ФНО- α , ИЛ-8, ММП-2 не получено.

Динамика биохимических маркеров повреждения и воспаления миокарда на 5 сут. после РЧА тахикардии у детей

На 5 сут. после катетерного лечения концентрации миоглобина, КФК-МВ, белка, связывающего жирные кислоты, вернулись к дооперационным значениям ($p < 0,05$). Уровень ММП-9 оставался повышенным, однако в сопоставлении с уровнем маркера через 2 ч после катетерного лечения снизился в 1,5 раза (на 59 нг/мл). Также отмечено повышение уровня СРБ в 4 раза (на 1,27 мг/л) (рис. 1-5).

Параметры РЧА и динамика биохимических маркеров повреждения и воспаления миокарда

В течение операции учитывались следующие параметры аблации:

- температура: максимальная 52,9° С, минимальная 39,5° С, средняя 45,9° С;
- мощность: максимальная 35,46 W, минимальная 26,4 W, средняя 31,78 W;
- продолжительность выполнения аблации (длительность аблационных аппликаций): максимальная 4402 сек (74 мин), минимальная 60 сек (1 мин), средняя 926 сек (15 мин). При оценке влияния параметров РЧА на изменение уровней маркеров поврежде-

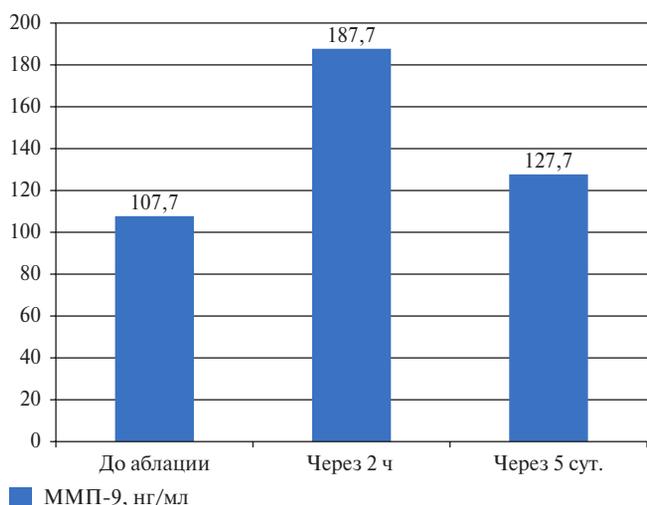


Рис. 3. Динамика ММП-9 (нг/мл) в ходе исследования.
Сокращение: ММП — металлопротеиназа.

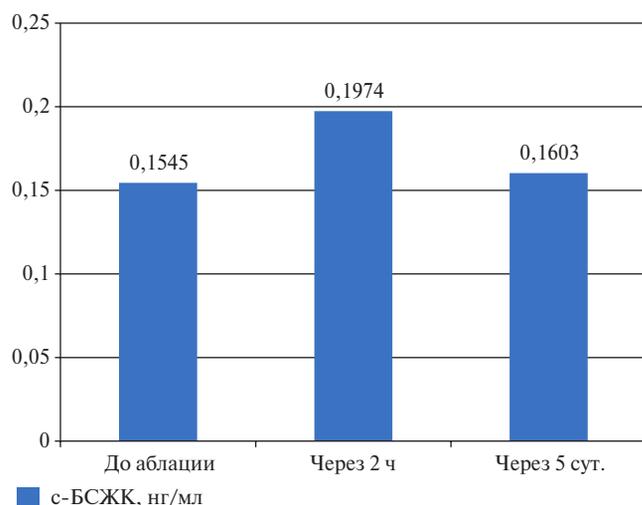


Рис. 4. Динамика с-БСЖК (нг/мл) в ходе исследования.
Сокращение: с-БСЖК — сердечная форма белка.

ния и воспаления миокарда через 2 ч после операции выявлена прямая взаимосвязь между длительностью аблации и уровнем с-БСЖК ($p < 0,05$). Чем продолжительнее были радиочастотные аппликации, тем выше был послеоперационный уровень с-БСЖК (рис. 6). Достоверной взаимосвязи с остальными маркерами не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 1).

Локализация аритмогенного очага и динамика биохимических маркеров повреждения и воспаления миокарда

Пациенты в нашем исследовании были разделены на группы в зависимости от локализации аритмогенного очага:

- в правых камерах сердца/в левых камерах сердца;
- в предсердиях/в желудочках/в коронарном синусе/в области перегородки.

При оценке влияния локализации аритмогенного очага на динамику маркеров повреждения и воспа-

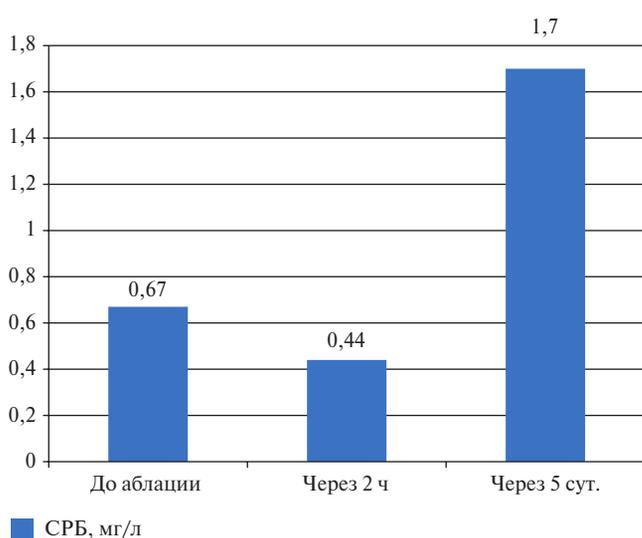


Рис. 5. Динамика СРБ (мг/л) в ходе исследования.
Сокращение: СРБ — С-реактивный белок.

Таблица 1

Маркеры повреждения и воспаления миокарда после РЧА у детей и подростков

Биохимический маркер	После аблации	Энергия, Дж	Температура, °С	Продолжительность, сек	Тип катетера	Локализация аритмогенного очага
Миоглобин	↑	-	-	-	-	-
КФК-МВ	↑	-	-	-	-	-
с-БСЖК	↑	-	-	+	-	-
ММП-2	-	-	-	-	-	-
ММП-9	↑	-	-	-	-	-
СРБ	-	-	-	-	-	-
ИЛ-8	-	-	-	-	-	-
ФНО-α	-	-	-	-	-	-

Примечание: (↑) повышение маркера, (-) изменений маркера не выявлено; (+) положительная корреляция, (-) корреляции не обнаружено.

Сокращения: ИЛ — интерлейкин, КФК-МВ — креатинфосфокиназа-МВ, ММП — металлопротеиназа, с-БСЖК — сердечная форма белка, связывающего жирные кислоты, СРБ — С-реактивный белок, ФНО-α — фактор некроза опухоли альфа.

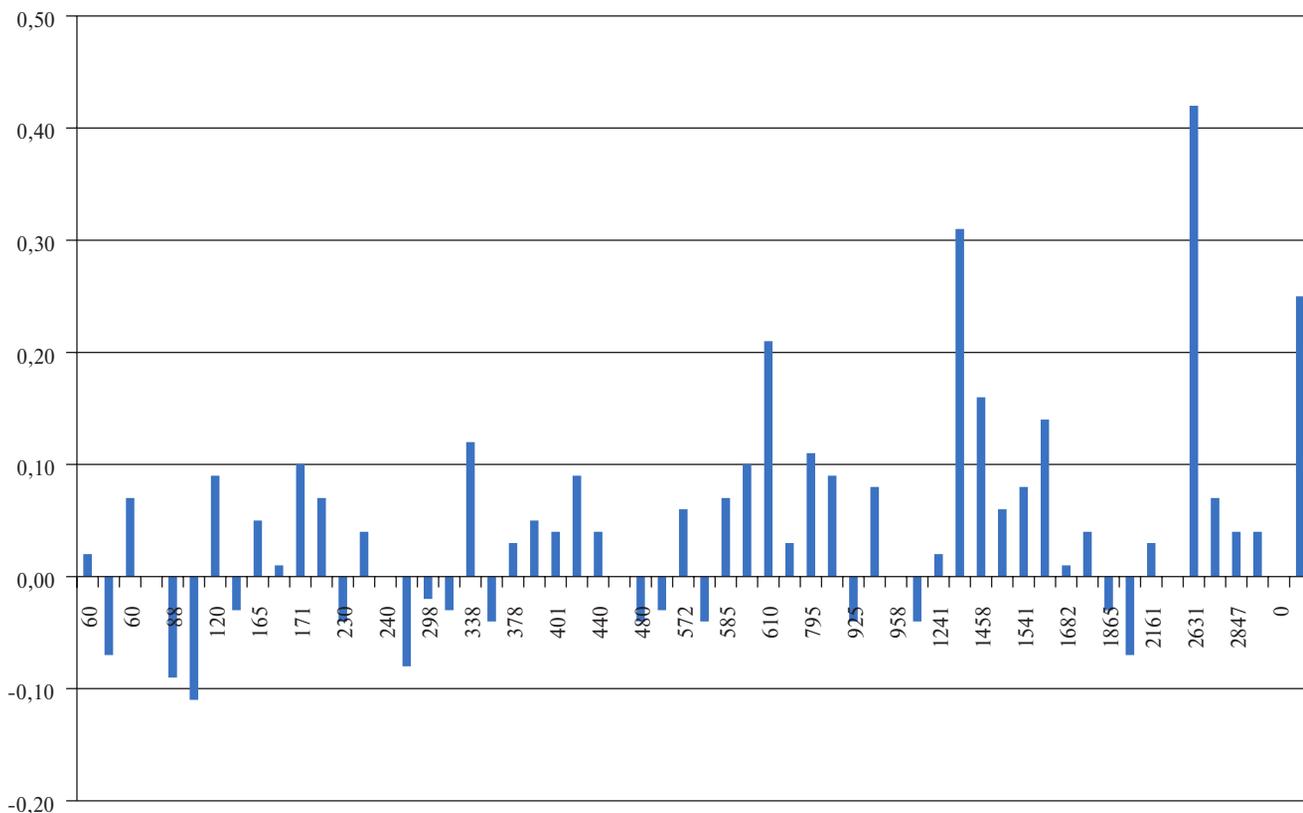


Рис. 6. Взаимосвязь между длительностью радиочастотных аппликаций и концентрацией с-БСЖК в ходе исследования.

ления миокарда статистически достоверной взаимосвязи не обнаружено ($p > 0,05$).

Тип абляционного катетера и динамика биохимических маркеров повреждения и воспаления миокарда

При оценке влияния типа используемого катетера (в 37 случаях неорошаемый, в 12 случаях с орошением, в 7 комбинация неорошаемого катетера с орошаемым) на динамику маркеров повреждения и воспаления статистически достоверной взаимосвязи не обнаружено ($p > 0,05$).

Обсуждение

С тех пор как РЧА внедрена в педиатрическую клиническую практику, накоплен достаточный опыт применения данного метода лечения нарушений ритма сердца у детей. Несмотря на это, выполнение абляции у данной категории пациентов сопряжено с определенными трудностями: маленькое сердце, небольшой калибр сосудов и размера треугольника Коха, измененная анатомия при врожденной сердечной патологии, возможность использования лишь небольшого количества электродов, а также их ограниченный выбор. Послеоперационных осложнений у пациентов в процессе нашего исследования не наблюдалось. Успешная абляция была отмечена у 49 (84,5%) детей, что подтверждает высокую эффективность данного метода лечения тахи-

аритмий. Общеизвестно, что повреждение кардиомиоцитов при интервенционном лечении приводит к формированию очага локального некроза и фиброза [13, 14]. Литературные источники сообщают, что вокруг некротической ткани могут наблюдаться острые воспалительные реакции, которые указывают на повреждение миокарда в пораженной области. Миоглобин, КФК-МВ, с-БСЖК являются составляющими клеток сердечной мышцы. Миоглобин — железосодержащий белок, обеспечивающий доставку кислорода к тканям. КФК-МВ — внутриклеточный фермент кардиомиоцита. С-БСЖК — белок цитоплазмы клеток миокарда. По данным большинства литературных источников показано повышение данных маркеров после РЧА как у взрослых, так и у детей [12], что также отмечено в нашей работе. В отношении динамики уровней воспалительных показателей после катетерного лечения, данные литературы противоречивы. Авторы демонстрируют увеличение высокочувствительного СРБ и ИЛ-6, в то время как концентрации ИЛ других групп и ФНО-α не меняются [15-17]. В нашей работе статистически значимого повышения уровней ФНО-α и ИЛ-8 после операции не выявлено. Выявлено повышение уровня СРБ изолированно на 5 сут. после абляции, что требует дальнейшего продолжения исследования. При проведении катетерной абляции у детей и подростков

воздействие радиочастотным током на кардиомиоциты точечное и крайне щадящее, учитывая возрастную категорию пациентов, поэтому полученные результаты, вероятно, объясняются тем, что РЧА вызвала в большей степени местную реакцию тканей на повреждение, что отразилось повышением специфических для повреждения миокарда маркеров (миоглобин, КФК-МВ, с-БСЖК), и никак не отразилось на системном воспалительном ответе организма пациента (ФНО- α , ИЛ-8).

Как известно, основная роль ММП-9 связана с морфогенезом, резорбцией и ремоделированием тканей. Повышение сывороточного маркера свидетельствует об активном процессе репарации межклеточного матрикса в раннем послеоперационном периоде, что подтверждает роль ММП-9 как маркера повреждения миокарда.

Среди параметров РЧА длительность радиочастотных аппликаций прямо коррелировала с динамикой концентрации с-БСЖК. С другими параметра-

ми катетерного лечения корреляции как с-БСЖК, так и других маркеров не обнаружено. Возможно, полученный результат связан с малой численностью исследуемой группы пациентов. Работа в этом направлении продолжается.

Заключение

РЧА является безопасным методом лечения аритмий у детей и подростков, т.к. объем поврежденного миокарда крайне мал, в связи с небольшим подъемом уровня биохимических маркеров после абляции (миоглобин, КФК-МВ, белок, связывающий жирные кислоты, ММП-9), несопоставимым с уровнем их подъема при остром коронарном синдроме, а также быстрой динамикой их снижения в раннем послеоперационном периоде.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Salerno JC, Seslar SP. Supraventricular Tachycardia. Arch Pediatr Adolesc Med. 2009;163(3):268-74. doi:10.1001/archpediatrics.2008.547.
- Lebedev DS, Vasichkina ES, Tatarskiy RB. Ventricular tachyarrhythmias in children. St. Petersburg: "Info-ra", 2018. 120 p (In Russ.) Лебедев Д.С., Васичкина Е.С., Татарский Р.Б. Желудочковые тахикардии у детей. Санкт-Петербург: "Инфо-ра", 2018. 120 с. ISBN: 978-5-9907332-4-4.
- Chugh SS, Reinier K, Balaji S, et al. Population-based analysis of sudden death in children: The Oregon Sudden Unexpected Death Study. Heart Rhythm. 2009;6(11):1618-22. doi:10.1016/j.hrthm.2009.07.046.
- Pilmer CM, Kirsh JA, Hildebrandt D, et al. Sudden cardiac death in children and adolescents between 1 and 19 years of age. Heart Rhythm. 2014;11(2):239-45.
- Wren C. Sudden death in children and adolescents. Heart. 2002;88(4):426-31. doi:10.1136/heart.88.4.426.
- Van Hare GF. Challenges in Ablation of Complex Congenital Heart Disease. Card Electrophysiol Clin. 2019;11(4):711-8. doi:10.1016/j.ccep.2019.08.002.
- Lai E, Chung EH. Management of Arrhythmias in Athletes: Atrial Fibrillation, Premature Ventricular Contractions, a16 and Ventricular Tachycardia. Curr Treat Options Cardio Med. 2017;19:86. doi:10.1007/s11936-017-0583-x.
- Heidbüchel H, Panhuyzen-Goedkoop N, Corrado D, et al.; Study Group on Sports Cardiology of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports in patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions Part I: Supraventricular arrhythmias and pacemakers. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2006;13(4):475-84. doi:10.1097/01.hjr.0000216543.54066.72.
- Heidbüchel H, Corrado D, Biffi A, et al.; Study Group on Sports Cardiology of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports of patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions. Part II: ventricular arrhythmias, channelopathies and implantable defibrillators. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2006;13(5):676-86. doi:10.1097/01.hjr.0000239465.26132.29.
- Brugada J, Blom N, Sarquella-Brugada G, et al.; European Heart Rhythm Association; Association for European Paediatric and Congenital Cardiology. Pharmacological and non-pharmacological therapy for arrhythmias in the pediatric population: EHRA and AEPIC-Arrhythmia Working Group joint consensus statement. Europace. 2012;15(9):1337-82. doi:10.1093/europace/eut082.
- Crosson JE, Callans DJ, Bradley DJ, et al. PACES/HRS expert consensus statement on the evaluation and management of ventricular arrhythmias in the child with a structurally normal heart. Heart Rhythm. 2014;11(9):e55-78. doi:10.1016/j.hrthm.2014.05.010.
- Zayfrid OL, Chueva KA, Vasichkina ES, et al. Markers of myocardial injury in the interventional treatment of tachyarrhythmias. Patologiya Krovooobrascheniya i Kardiokhirurgiya. 2020;24(1):9 (In Russ.) Зайфрид О.Л., Чуева К.А., Васичкина Е.С. и др. Маркеры повреждения миокарда при интервенционном лечении тахикармий. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2020;24(1):9. doi:10.21688/1681-3472-2020-1-9-17.
- Zeng Q, Li X, Xu G. Evaluation of myocardial injury induced by different ablation approaches (radiofrequency ablation versus cryoablation) in atrial flutter patients: a meta-analysis. Biosci Rep. 2019;39(5):BSR20182251. doi:10.1042/BSR20182251.
- Bastani H, Drca N, Insulander P, et al. Cryothermal vs. radiofrequency ablation as atrial flutter therapy: a randomized comparison. Europace. 2012;15(3):420-8. doi:10.1093/europace/eus261.
- Antolic B, Pernat A, Cvijic M, et al. Radiofrequency catheter ablation versus balloon cryoablation of atrial fibrillation: markers of myocardial damage, inflammation, and thrombogenesis. Wien Klin Wochenschr. 2016;128(13-14):480-7. doi:10.1007/s00508-016-1002-0.
- Stein A, Wessling G, Deisenhofer I, et al. Systemic inflammatory changes after pulmonary vein radiofrequency ablation do not alter stem cell mobilization. Europace. 2008;10(4):444-9. doi:10.1093/europace/eun041.
- Li C, Jia L, Wang Z, et al. The efficacy of radiofrequency ablation in the treatment of pediatric arrhythmia and its effects on serum IL-6 and hs-CRP. Exp Ther Med. 2017;14(4):3563-8. doi:10.3892/etm.2017.4960.