

ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПИЩЕВОДА ПРИ
КРИОБАЛЛОННОЙ КАТЕТЕРНОЙ АБЛАЦИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

П.С.Новиков, Н.Ю.Миронов, П.К.Пахоменко, А.В.Безделев, Е.Б.Майков

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» МЗ РФ, Россия, Москва, ул.
Академика Чазова, д. 15а; АО «Медитек», Россия, Москва, ул. Буракова, д. 6, стр. 2.

Цель. Изучение частоты значимого снижения температуры в пищеводе при стандартной и «расширенной» процедуре криобаллонной абляции (КБА) у больных с пароксизмальной и персистирующей фибрилляцией предсердий (ФП).

Материал и методы исследования. В исследование включено 160 пациентов (медиана возраста 66 [57;70] лет, 90 [56,3%] мужского пола), с симптомной пароксизмальной и персистирующей формой ФП. 139 (80,0%) пациентам с пароксизмальной ФП выполнена КБА легочных вен (ЛВ), 21 (20,0%) пациенту с персистирующей ФП - «расширенная» КБА ЛВ в сочетании с криоаблацией задней стенки левого предсердия. На всех этапах воздействий КБА проводилась оценка температуры в пищеводе с помощью мультиканальной системы мониторирования температуры пищевода (МТП) «Astrocard Esosafety» (Astrocard, АО «Медитек»). Критерием остановки КБА считалось снижение температуры менее 20 °C.

Результаты. У всех 160 пациентов при КБА достигнута электрическая изоляция ЛВ. В группе стандартной КБА ЛВ (n=139) температура <20 °C при МТП определялась у 22 (16%) пациентов, со средним значением 17,23±1,74 °C. У 13 из 22 (59%) пациентов температура <20 °C при МТП регистрировалась при КБА левой нижней ЛВ. В группе «расширенной» КБА (n=21) температура <20 °C при МТП определялась у 18 (86%) пациентов, со средним значением 17,1±0,6 °C. При оценке флюороскопических вариантов расположения датчика МТП в пищеводе относительно ЛВ, у 105 (76%) больных определялся пищевод «центральной локализации», у 21 (15%) больных - «левой локализации», у 13 (9%) пациентов - «правой локализации». При «левостороннем» расположении пищевода снижение температуры <20 °C отмечалось достоверно чаще, чем при «центральном» варианте (81% против 5,7%, p<0,05 по данным точного теста Фишера). Серьезных осложнений в период наблюдения после КБА не выявлено.

Заключение. Мониторинг температуры с помощью системы «Astrocard Esosafety» позволяет оценить динамику изменений температуры в пищеводе при стандартной и «расширенной» КБА ЛВ, предоставляя важную информацию для выбора стратегии и параметров абляции, потенциально снижающих риск термических повреждений пищевода.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; криобаллонная абляция; легочные вены; расширенная криобаллонная абляция; мониторинг температуры пищевода; левое предсердие

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 03.09.2025 **Исправленная версия получена:** 07.12.2025 **Принята к публикации:** 15.12.2025

Ответственный за переписку: Новиков Петр Сергеевич, E-mail: cardionov@mail.ru

П.С.Новиков - ORCID ID 0000-0003-4498-7540, Н.Ю.Миронов - ORCID ID 0000-0002-6086-6784, П.К.Пахоменко - ORCID ID 0009-0003-0014-9403, А.В.Безделев ORCID ID 0009-0008-4999-652X, Е.Б.Майков - ORCID ID 0000-0003-2989-9366

Рукопись участвовала в конкурсе на лучшую научную работу молодых ученых по клинической и фундаментальной аритмологии в рамках XI Всероссийского съезда аритмологов.

Для цитирования: Новиков ПС, Миронов НЮ, Пахоменко ПК, Безделев АВ, Майков ЕБ. Интраоперационное мониторирование температуры пищевода при криобаллонной катетерной абляции фибрилляции предсердий. *Вестник аритмологии.* 2025;32(4): 45-52. <https://doi.org/10.35336/VA-1557>.

INTRAOPERATIVE ESOPHAGEAL TEMPERATURE MONITORING DURING CRYOBALLOON
ABLATION IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION

P.S.Novikov, N.Yu Mironov, P.K.Pahomenko, A.V.Bezdelev, E.B.Maykov

FSBI “National Medical Research Center of Cardiology” of the MH RF, Russia, Moscow, 15a Akademika Chazova
str.; Joint Stock Company “Meditek”, Russia, Moscow, 6/2 Burakova str.

Aim. To study the frequency of a significant decrease in the esophageal temperature during the standard and “extended” cryoballoon ablation (CBA) procedure in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation (AF).

Methods. The study included 160 patients (median age 66 [57;70] years, 90 [56.3%] male) with symptomatic paroxysmal and persistent AF. 139 (80.0%) patients with paroxysmal AF underwent pulmonary vein (PV) CBA, and 21 (20.0%) patients with persistent AF underwent “extended” PV CBA in combination with cryoablation of the left atrial posterior wall. At all stages of CBA exposure, esophageal temperature was assessed using the Astrocard Esosafety multi-channel esophageal temperature monitoring system (MTP) (Astrocard, JSC Meditek). The criterion for stopping the CBA was considered to be a decrease in temperature below 20 °C.

Results. Electrical isolation of PV was achieved in all 160 patients with CBA. In the group of standard CBA PV (n=139), the temperature <20 °C in MTP was determined in 22 (16%) patients, with an average value of 17.23 ± 1.74 °C. In 13 of 22 (59%) patients the temperature <20 °C in MTP was recorded with CBA of the left lower PV. In the group of “extended” CBA (n=21), the temperature <20 °C in MTP was determined in 18 (86%) patients, with an average value of 17.1 ± 0.6 °C. When evaluating the fluoroscopic options for the location of the MTP sensor in the esophagus relative to PV, the esophagus of “central localization” was determined in 105 (76%) patients, “left localization” in 21 (15%) patients, and “right localization” in 13 (9%) patients. In patients with a “left-sided” esophagus a decrease in temperature < 20 °C was observed significantly more often than in patients with a “central” esophagus (81% vs. 5.7%, $p < 0.05$ according to the Fisher exact test). No serious complications were observed during the follow-up period after CBA.

Conclusion. Temperature monitoring using the “Astrocard Esosafety” system allows us to assess the dynamics of temperature changes in the esophagus during standard and “extended” CBA of the LA, providing important information for selecting ablation strategies and parameters that potentially reduce the risk of thermal damage to the esophagus.

Key words: atrial fibrillation; cryoballoon ablation; pulmonary veins; extended cryoballoon ablation; esophageal temperature monitoring; left atrium

Conflict of interest: none.

Funding: none.

Received: 03.09.2025 **Revision received:** 07.12.2025 **Accepted:** 15.12.2025

Corresponding author: Novikov Petr, E-mail: cardionov@mail.ru

P.S.Novikov - ORCID ID 0000-0003-4498-7540, N.Yu.Mironov - ORCID ID 0000-0002-6086-6784, P.K.Pahomenko - ORCID ID 0009-0003-0014-9403, A.V.Bezdelev ORCID ID 0009-0008-4999-652X, E.B.Maykov - ORCID ID 0000-0003-2989-9366

The manuscript participated in the competition for the best scientific work of young scientists in clinical and fundamental arrhythmology within the framework of the XI All-Russian Congress of Arrhythmologists.

For citation: Novikov PS, Mironov NYu, Pahomenko PK, Bezdelev AV, Maykov EB. Intraoperative esophageal temperature monitoring during cryoballoon ablation in patients with atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(4):2025;32(4): 45-52. <https://doi.org/10.35336/VA-1557>.

В настоящее время катетерная абляция является высокоеффективным методом лечения фибрилляции предсердий (ФП). Радиочастотная катетерная абляция (РЧА), либо криобаллонная катетерная абляция (КБА) легочных вен (ЛВ) имеют высокий уровень рекомендации в лечении симптомной пароксизмальной и персистирующей ФП при неэффективности медикаментозной антиаритмической терапии. При пароксизмальной форме ФП катетерная абляция рассматривается как лечение «первого выбора» [1, 2].

РЧА и КБА относят к так называемым «термическим» технологиям воздействия на ткань, что в полной мере можно отнести лишь к криотермической абляции при КБА. Оба вида энергии способны повреждать близлежащие анатомические структуры. Ввиду близкого расположения пищевода к задней стенке левого предсердия (ЛП) и/или ЛВ, криотермические воздействия при КБА способны вызывать холодовое повреждение стенки пищевода, приводящие к её некрозу, а также повреждать бронхи и вызывать парез диафрагмального нерва [3-5].

Наиболее редким, но в то же время жизнеугрожающим осложнением катетерной абляции является

предсердно-пищеводная fistula (ППФ). По данным исследований летальность при ППФ достигает 66-90%, а благоприятный исход может быть обеспечен своевременной диагностикой и ранними сроками хирургического лечения. Сложность диагностики ППФ обусловлена прежде всего отсроченным - через 2-4 недели после выписки больного из стационара появлением симптомов, которые могут носить неспецифический характер, включая сепсис, нарушения мозгового кровообращения и желудочно-кишечные кровотечения. По данным международного регистра POTTER-AF, из 553729 катетерных абляций ФП было зарегистрировано 138 (0,025%) случаев ППФ с общей летальностью 65,8% [6]. Авторы регистра отмечают, что частота случаев fistul была в 25 раз выше (0,038% против 0,0015%) у пациентов после радиочастотной абляции по сравнению с КБА [6].

Менее тяжелые повреждения пищевода в ходе катетерной абляции возникают чаще и во многих случаях остаются недооцененными. Они включают мукозную эритему, эрозии и изъязвления пищевода, нарушения моторики пищевода и желудка, гастроэзофагеальный рефлюкс [7-9].

Текущие стратегии, направленные на снижение риска повреждения пищевода, включают уменьшение длительности криовоздействий в области задней стенки левого предсердия (ЗСЛП), оценку близости пищевода к ЛП по данным МСКТ и непрерывное мониторирование температуры в пищеводе (МТП). В консенсусном документе по катетерной и хирургической аблации ФП с 2017 г. рекомендовано использование систем луминального МТП для дозирования воздействий в ЛП с целью снижения риска повреждения пищевода [10].

Таким образом, оценка динамики интраоперационной температуры в просвете пищевода в режиме реального времени может потенциально уменьшить вероятность риска повреждения пищевода в ходе процедуры КБА. В данной работе продемонстрировано применение системы температурного мониторинга «Astrocard Esosafety», с целью профилактики возможных повреждений пищевода в рамках стандартной и «расширенной» процедуры КБА.

Целью исследования является изучение частоты значимого снижения температуры в пищеводе при стандартной и «расширенной» процедурах криобаллонной аблации у больных с пароксизмальной и персистирующей фибрилляцией предсердий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включены пациенты старше 18 лет с симптомной пароксизмальной или персистирующей ФП, имевшие показания к КБА согласно национальным рекомендациям. Критериями исключения из исследования были любые противопоказания к интервенционным вмешательствам, тромбоз ушка ЛП, наличие некорректированной дисфункции щитовидной железы, митральный порок сердца, длительно персистирующая ФП более 1 года. Всем пациентам перед оперативным вмешательством проводилось общеклиническое обследование, включая общий и биохимический анализ крови, контроль гормонов щитовидной железы, 12-канальную электрокардиограмму, холтеровское мониторирование ЭКГ, трансторакальную эхокардиографию. Также всем пациентам перед вмешательством выполнялась эзофагогастродуоденоскопия для исключения эрозивно-язвенного поражения пищевода и желудка.

Всем пациентам КБА выполнялась с использованием комбинированного эндотрахеального наркоза.

Для венозного доступа по методу Сельдингера проводилась пункция правой бедренной вены. Для регистрации потенциалов предсердий и для стимуляции в коронарный синус устанавливался управляемый многополюсный катетер EP-XT (Boston Scientific, США). Перед пункцией МПП всем пациентам выполнялась чреспищеводная эхокардиография для исключения признаков тромбоза предсердий и ушка ЛП, а также для контроля пункции МПП. В/в вводился гепарин под контролем активированного времени свертывания крови в пределах 300-350 мс.

КБА проводилась с использованием баллонного катетера Arctic Front Advance Pro 28 мм (Medtronic, США). Для регистрации потенциалов ЛВ и позиционирования баллона применяли циркулярный катетер Achieve 20 мм (Medtronic, США). В антравальной части ЛВ выполнялась однократная КБА длительностью 240 секунд с достижением температуры от -40 до -60 °C. В случае достижения индекса TTI (time to isolation) в пределах 40 секунд, длительность криоаблации ЛВ снижалась до 180 секунд. При отсутствии в течение 60 секунд антравальной изоляции в «нижних» ЛВ, проводился маневр «pulldown» для улучшения контакта баллона с нижней стенкой ЛВ.

У 21 пациента с персистирующей формой ФП (длительностью до 12 месяцев) проводилась «расширенная» КБА, в ходе которой помимо антравальной криоизоляции ЛВ проводилась серия криоаппликаций в области задней стенки ЛП. Протокол «расширенной» КБА проводился по методике, описанной А.Агуана et al. [11]. Перед КБА выполнялось построение исходной вольтажной карты ЛП с применением системы Abbott Ensite Precision (Abbott, США) многополюсным электродом для высокоплотного картирования HD Grid (Abbott, США). Области с амплитудой биполярного сигнала более 0,5 мВ были определены как области нормального вольтажа, области с амплитудами биполярного сигнала 0,1-0,5 мВ относили к областям сниженной вольтажной активности, области с амплитудой биполярного сигнала менее 0,1 мВ расценивались как области очень низкого вольтажа.

После КБА ЛВ, изоляция ЗСЛП проводилась сегментарно, фиксируя циркулярный катетер поэтапно в каждой из ЛВ. Выполнялось от 10 до 14 криоаппликаций в области ЗСЛП, длительностью от 120 до 180 секунд. Оценка эффективности изоляции ЗСЛП проводилась с использованием повторного навигационного картирования. В случаях неполной криоизоляции

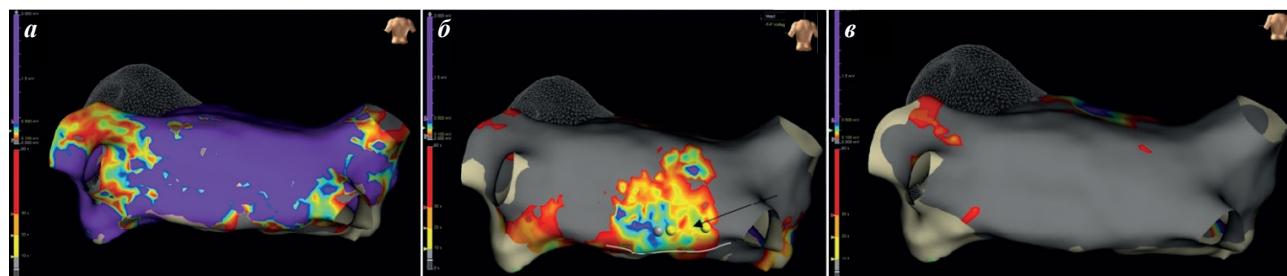


Рис. 1. Вольтажное картирование левого предсердия (параметры порогов биполярных сигналов 0,1-0,5 мВ): а - исходно до КБА; б - после КБА ЛВ и ЗСЛП (стрелкой указана область неполной изоляции среднего сегмента ЗСЛП и области нанесения дополнительных РЧ-воздействий), в - вольтажная карта ЛП, с подтверждением изоляции ЛВ и ЗСЛП.

ЗСЛП дополнительно выполнялась орошающая радиочастотная абляция (30-35 Вт, 60 секунд) в области сохранной предсердной активности ЗСЛП катетером Flexability (Abbott, США). Для подтверждения достижения полной изоляции ЗСЛП проводилось повторное навигационное амплитудное картирование (рис. 1).

Перед криобаллонными воздействиями датчик МТП проводился в пищевод, расположение датчика осуществлялось под контролем флюороскопии в передне-задней проекции. В исследовании использован датчик КТ-7 «АСТРОКАРД» (рис. 2) и система температурного мониторинга «Astrocard Esosafety», позволяющая в режиме реального времени отображать изменение температуры пищевода по 7 независимым температурным каналам в диапазонах температур от 0 °C до +70 °C.

МТП проводилось во всех случаях и на всех этапах воздействий КБА и дополнительной РЧА. Позиция датчика МТП флюороскопически устанавливалась относительно позиции криобаллона перед каждым криовоздействием. Критерием остановки воздействий считалось снижение температуры в пищеводе ниже +20 °C, поскольку в течение 60 секунд после остановки криоабляции во время «оттаивания» баллона возможно дополнительное снижение температуры на 5 °C [12, 13]. Минимальной температурой считалось значение, возникающее во время КБА, либо в фазе «оттаивания» баллона, определяемое на любом полюсе датчика МТП.

Больным с документированным ранее типичным трепетанием предсердий вторым этапом вмешательства выполнялась РЧА кавотрикуспидального истмуса (КТИ). Для оценки длительности внутрипредсердного проведения импульса через КТИ в обоих направлениях до и после РЧА использовался 20-полюсный катетер Halo XP (Biosense Webster, США), установленный вокруг трикуспидального кольца и многополюсный катетер EP-XT (Boston Scientific, США), установленный в области коронарного синуса. РЧА КТИ проводилась орошающим катетером Flexability (Abbott, США) срединным, септальным или латеральным доступом. Критерием эффективности анатомически направленного линейного воздействия между трикуспидальным клапаном и нижней полой веной являлся двунаправленный блок проведения импульсов через КТИ [14, 15].

Всем пациентам вне зависимости от объема вмешательства назначалась первоначальная антикоагулянтная терапия не менее чем на 2-3 месяца, далее - по показаниям в зависимости от риска тромбоэмбологических осложнений по шкале CHA₂DS₂-VASc. Также всем больным после КБА назначалась антиаритмическая терапия препаратами IC или III класса (за исключением амиодарона) или бета-блокаторами на период 3 месяца (в «слепой период»). Ингибиторы протонной помпы назначались на период 1 месяц после вмешательства.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных результатов выполняли с использованием

программ Statistica 12.0 (StatSoft Inc, TULSA, OK, США) и пакета программ Office XP (Microsoft, США). Проверка на нормальность распределения проводилась с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для количественных данных, имеющих распределение отличное от нормального, рассчитывали медиану (Median), верхний и нижний квартили (Iq; iq). Для качественных дихотомических данных рассчитывали частоты (%). При анализе дихотомических данных независимых групп использовали точный критерий Фишера. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование было включено 160 пациентов с пароксизмальной (n=139, 87%) и персистирующей (n=21, 13%) формой ФП. Среди больных, включенных в исследование, 90 (56,3%) пациентов были мужского пола, медиана возраста составила 66 [57; 70] лет. По данным эхокардиографии средний объем ЛП составил $70 \pm 15,5$ (95% ДИ: 65-74) мл, индекс объема ЛП - $34,78 \pm 7,6$ (95% ДИ: 32,4-35,8) мл/м². При оценке риска тромбоэмбологических осложнений по шкале CHA₂DS₂-VASc большинство (n=94, 58,8%) пациентов имели ≥ 2 баллов, среди сопутствующих заболеваний преобладала гипертоническая болезнь (n=124, 77,5%). Клинико-инструментальные характеристики больных представлены в табл. 1.

В ходе КБА у всех 160 (100%) пациентов с пароксизмальной и персистирующей ФП достигнута



Рис. 2. Пищеводный внутрипросветный датчик КТ-7 «АСТРОКАРД».

Таблица 1.

Основные клинические характеристики больных

Показатель	Значение
Возраст, лет	66,0 [57; 70]
Пол мужской, n (%)	90 (56,3)
Индекс массы тела, кг/м ²	$27,8 \pm 4,4$ (95% ДИ: 26,3-29,3)
Пароксизмальная ФП, n (%)	139 (87,0)
CHA ₂ DS ₂ -VASc, балл	3 [2; 4]
Гипертоническая болезнь, n (%)	124 (77,5)
Сахарный диабет, n (%)	31 (19,4)
Инсульт / ТИА, n (%)	12 (7,5)
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	15 (9,4)
Объем ЛП, мл	$70 \pm 15,5$ (95% ДИ: 65,2-74,1)
Индекс объема ЛП, мл/м ²	$34,78 \pm 7,6$ (95% ДИ: 32,4-35,8)

Примечание: ФП - фибрилляция предсердий; ТИА - транзиторная ишемическая атака; ЛП - левое предсердие.

электрическая изоляция ЛВ. В ходе КБА при контрастировании ЛП у 10 (6,3%) больных выявлен общий коллектор ЛВ, не препятствующий достижению криоизоляции ЛВ. 21 (13%) пациенту с персистирующей ФП выполнена КБА ЗСЛП, медиана количества криоаблационных воздействий на ЗСЛП - 11 [IQR: 10-11,4]. Радиочастотная аблация кавотрикуспидального истумса выполнена 11 (6,8%) пациентам с зарегистрированным ранее сопутствующим типичным трепетанием предсердий.

По полученным данным МТП среди 139 пациентов, кому выполнялась только КБА ЛВ, у 22 (16%) больных зарегистрировано снижение температуры $<20^{\circ}\text{C}$ в пищеводе, в связи с чем криовоздействия прекращались. Среднее значение минимальной зарегистрированной в пищеводе температуры составило $17,23 \pm 1,74^{\circ}\text{C}$, с медианой продолжительности КБА до момента

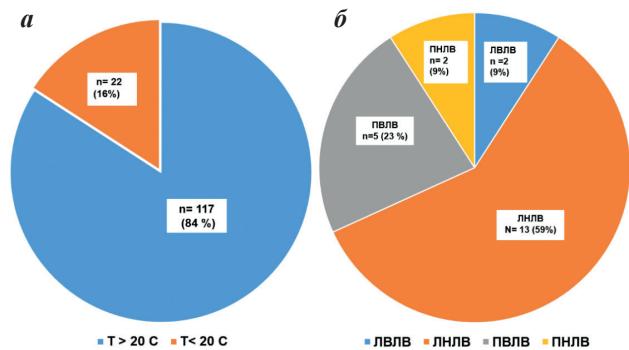


Рис. 3. Результаты мониторирования температуры пищевода у пациентов при криоизоляции только легочных вен: а - диаграмма значений температуры $>20^{\circ}\text{C}$ и $<20^{\circ}\text{C}$, б - локализация снижения температуры $<20^{\circ}\text{C}$ (ПВЛВ, ПНЛВ, ЛВЛВ и ЛНЛВ - правая верхняя, правая нижняя, левая верхняя и левая нижняя легочные вены, соответственно).

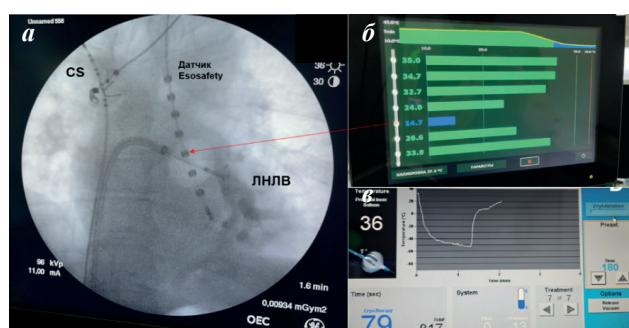


Рис. 4. Пример регистрации снижения температуры в пищеводе до $14,7^{\circ}\text{C}$ на датчике МТП на 79 секунде криовоздействия с температурой -52°C в антравальной части ЛНЛВ: а - рентгеноскопия в передне-задней проекции позиции криобаллона у ЛНЛВ, датчика МТП в средней части пищевода (указан стрелкой), диагностического катетера CS в верхней полой вене для стимуляции диафрагмального нерва; б - монитор при одномоментной регистрации с 7 полюсами датчика температуры во время криоаблации ЛНЛВ; в - график температуры во время КБА, монитор криоконсоли (CS- коронарный синус; ЛНЛВ - левая нижняя легочная вена, стрелкой указан полюс датчика МТП, регистрирующий минимальную температуру в просвете пищевода).

снижения температуры 104 [74; 126] секунд. У 4 из 22 данных пациентов снижение температуры $<20^{\circ}\text{C}$ происходило в течение первых 60 секунд криоаблации.

Наиболее часто критическое понижение температуры в пищеводе регистрировалось при выполнении КБА в левой нижней ЛВ - у 13 из 22 (59%) больных, в 5 (23%) случаях при аблации в правой верхней ЛВ, в 2 (9%) случаях в левой верхней ЛВ, в 2 (9%) случаях при аблации в правой нижней ЛВ (рис. 3 и рис. 4). Для достижения изоляции «нижних» ЛВ маневр «pulldown» при КБА ЛНЛВ выполнялся у 88 из 139 (65%) пациентов и у 25 из 139 (18%) пациентов при КБА ПНЛВ. Среди пациентов, у кого при МТП выявлено снижение температуры $<20^{\circ}\text{C}$, маневр «pulldown» при КБА ЛНЛВ достоверно чаще вызывал снижение температуры в пищеводе $<20^{\circ}\text{C}$, чем выполнение данного маневра при КБА ПНЛВ (68% против 12%, $p<0,05$ по данным точного теста Фишера).

У 18 из 21 (86%) пациентов, кому выполнялась «расширенная» криоаблация с воздействиями в области ЗСЛП отмечено снижение температуры в пищеводе $<20^{\circ}\text{C}$. Среднее значение минимальной зарегистрированной в пищеводе температуры составило $17,1 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, с медианой продолжительности КБА до момента снижения температуры 128 [112; 162] секунд. При сравнении минимальных значений температуры в пищеводе при КБА ЛВ и КБА области ЗСЛП не было получено различий в значениях температуры при МТП ($p=0,834$).

У 139 пациентов при рентгеноскопии в передне-задней проекции выполнена оценка вариантов расположения датчика МТП относительно левых и правых ЛВ. В большинстве ($n=105$, 76%) случаев определялся пищевод «центральной локализации», «левой локализации» - у 21 (15%) пациента, «правой локализации» - у 13 (9%) пациентов (рис. 5).

По результатам МТП во время КБА при «левостороннем» расположении датчика в пищеводе у 17 (81%) из 21 пациентов было зарегистрировано снижение температуры в пищеводе $<20^{\circ}\text{C}$, при «правом» расположении - у 3 (23%) из 13 пациентов, при «центральном» - у 6 (5,7%) из 105 больных. При «левостороннем» расположении пищевода снижение температуры $<20^{\circ}\text{C}$ отмечалось достоверно чаще, чем при «центральном» варианте (81% против 5,7%, $p<0,05$ по данным точного теста Фишера).

Среди пациентов, включенных в данное исследование, ни одного серьезного осложнения (смерть, тампонада сердца / гемоперикард, предсердно-пищеводная fistula, крупное кровотечение) зарегистрировано не было. У 7 (5%) пациентов в ходе КБА отмечался транзиторный парез диафрагмального нерва, который разрешился в течение госпитализации. У 11 (8%) определялся венозный тромбоз в месте пункции, разрешенный на фоне антикоагулянтной терапии в течение 1 месяца.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Согласно международному регистру POTTER-AF, ППФ является редким, но в то же время летальным осложнением КБА ФП. Однако, в клинической практи-

ке истинная частота встречаемости ППФ и других видов повреждений пищевода после криоаблации остается неизученной. По данным российского регистра криоаблации за 2017-2019 гг., включивший 976 пациентов с ФП, ППФ выявлена у 2 (3,8%) пациентов среди установленных клинически значимых осложнений КБА (n=53). При этом, МТП во время КБА ЛВ применялся лишь в 16 (1,6%) вмешательствах [16].

На сегодняшний день существует несколько методик и технологий, потенциально снижающих риск повреждения пищевода при проведении КБА: 1) КТ или МРТ визуализация анатомии пищевода, с интеграцией изображений в системы навигационного картирования; 2) манипуляции по смещению пищевода при вмешательстве; 3) использование маневров, меняющих паттерн дыхания пациента; 3) применение устройств, повышающих температуру в пищеводе; 4) дозирование криовоздействий; 5) МТП с мультисенсорными датчиками и остановкой воздействия при достижении критической температуры во время аблации [17, 18].

МТП является наиболее доступным способом интраоперационной оценки изменений температуры с целью выявления возможного риска термического воздействия. Согласно консенсусному документу HRS по катетерному и хирургическому лечению ФП мониторинг пищевода рекомендован для дозирования энергии воздействий как при РЧА, так и при КБА ФП [10].

Результаты крупных рандомизированных исследований продемонстрировали, что КБА при ФП сопоставима с РЧА по эффективности, снижению частоты госпитализаций, повторных аблаций и рецидивам иных предсердных тахиаритмий [19]. Рассматривая возможный риск повреждения пищевода, ряд исследований указывают на потенциальное преимущество криоаблации по сравнению с РЧА [20].

При КБА (как и при РЧА) происходит интрамуральное повреждение миокарда предсердий. Вследствие быстрого формирования внутриклеточного и интерстициального льда запускается процесс апоптоза, гибель клеток с последующим формированием фиброза [21]. Зона криотермического повреждения может приводить к повреждению близлежащих органов, в частности - пищевода, прилежащего к задней стенке ЛП и/или ЛВ, вызывая некроз сосудов пищевода и повреждение его стенок [22].

Анатомическое расположение пищевода относительно ЛП и ЛВ имеет высокую вариабельность, что следует учитывать при оценке возможного риска повреждения пищевода. В исследовании K.Lemola et al. (2004) на серии КТ-изображений ЛП у 50 пациентов пищевод практически во всех случаях имел прямой контакт с задней стенкой ЛП, со средней протяжённостью прилегания около 19 мм и чаще располагался ближе к левым ЛВ [22]. Помимо непосредственной близости к задней стенке и ЛВ, такие анатомические факторы как тол-

щина миокарда ЛП, жировая и соединительная ткань могут влиять на охлаждение пищевода при КБА, что в свою очередь не всегда можно адекватно оценить в ходе обследования перед вмешательством [23].

Применение мультисенсорного датчика при МТП ассоциируется с более низкой частотой повреждений пищевода, выявляемых при ЭГДС после катетерной аблации ФП, по сравнению с датчиками с одним температурным электродом (6,8% vs 2,3%; P=0,016) [24]. По данным исследования A.Fürnkranz et al. (2015) прекращение КБА при снижении температуры менее 15 °C во время МТП позволяло значительно (до 1,5%) снизить риск пищеводных повреждений, при этом достигая критериев изоляции ЛВ во всех случаях [12].

В нашем исследовании благодаря наличию нескольких электродов датчика МТП по каждому независимому температурному каналу возможно было регистрировать температуру в широком диапазоне для своевременного прекращения воздействий при КБА. Результаты нашей работы демонстрируют, что при выполнении стандартной КБА критическое снижение температуры было зарегистрировано в 16% случаев в течение 1-2 минуты КБА. При этом снижение температуры чаще регистрировалось при аблации в ЛНЛВ (рис. 2). Поскольку при КБА нижних ЛВ часто требуются дополнительные манипуляции для достижения окклюзии вены (маневр «pull-down»), создаваемое таким образом усиленное давление баллона на стенку предсердия потенциально повышает риск быстрого чрезмерного охлаждения пищевода и требует непрерывного мониторирования температуры для профилактики коллатерального повреждения [25]. При выполнении маневра «pull-down» во время КБА ЛНЛВ в нашей работе достоверно чаще отмечалось снижение температуры в пищеводе <20 °C, чем при использовании данного маневра при КБА ПНЛВ.

В нашей работе впервые продемонстрировано, что применение «расширенного» протокола КБА сопровождается более высоким риском снижения температуры в пищеводе, требующим проведение МТП во всех случаях. При сравнении минимальных значений температуры в пищеводе при КБА ЛВ и области ЗСЛП не было получено различий в значениях температуры при МТП.

Отмечено, что расположение пищевода может оказывать влияние на вероятность чрезмерного снижения температуры в ходе КБА. Так при наиболее частом «центральном» варианте расположения пищевода риск

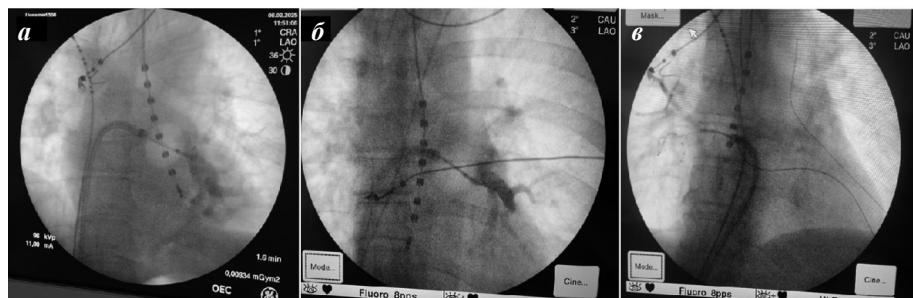


Рис. 5. Варианты расположения пищеводного датчика во время контрастирования ЛВ при КБА: а - «левая», б - «центральная», в - «правая» локализация.

относительно небольшой (5,7%), однако он увеличивается до 23% при «правом» расположении. При «левом» типе расположения пищевода риск чрезмерного снижения температуры оказался наибольшим и достиг 81% при КБА.

Следует упомянуть о ещё одном пути повышения безопасности процедуры КБА - применении протокола TTI (time to isolation) для «дозирования» криовоздействий. В соответствии с этим протоколом исследователи предлагают ограничивать продолжительность криоабляции временем, необходимым для достижения изоляции ЛВ плюс одной дополнительной минутой [26-28]. Благодаря этому удается достичь стойкой изоляции ЛВ и уменьшить риск повреждения прилежащего пищевода. Данный подход имеет определенные ограничения, поскольку даже при использовании современных моделей баллонных катетеров из-за анатомических особенностей не во всех случаях удается регистрировать электрическую активность ЛВ в момент нанесения криоабляции. Кроме того, применение протокола TTI не избавляет от необходимости МТП, что подтверждается регистрацией в нашем исследовании критического снижения температуры в пищеводе уже в течение первой минуты нанесения аблации в 16% случаев.

Важно также подчеркнуть, что сокращение времени криоабляции на основании данных МТП не оказалось негативного влияния на эффективность проводимой КБА. В ходе нашего исследования остановка воздействия при достижении критически низкой температуры ни в одном из случаев не привело к невозможности

сти изоляции ЛВ, либо возобновлению проводимости (реконнекции) в ранее изолированной ЛВ и не оказало влияния на достижение критериев изоляции ЗСЛП.

Ограничения исследования

Из ограничений исследования следует отметить отсутствие эндоскопической оценки возможных субклинических повреждений слизистой оболочки пищевода в послеоперационном периоде, связанных с КБА. Ввиду низкой частоты встречаемости ППФ после КБА (0,0015% по данным регистра POTTER-AF) и недостаточной выборки пациентов в нашей работе, на основании данного одноцентрового исследования невозможно оценить риск значимых повреждений пищевода после КБА. Регистрируемая температура при МТП отражает значения в области пищевода, находящейся в непосредственной близости к баллону во время криовоздействий. Также в нашем исследовании позиция датчика МТП при флюороскопии считалась дополнительным фактором возможного чрезмерного охлаждения пищевода при КБА и не отражала истинные варианты его анатомического расположения в пищеводе относительно ЛП и ЛВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг температуры с помощью системы «Astrocard Esosafety» позволяет оценить динамику изменений температуры в пищеводе при стандартной и «расширенной» КБА ЛВ, предоставляя важную информацию для выбора стратегии и параметров аблации, потенциально снижающих риск термических повреждений пищевода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голицын СП, Голухова ЕЗ, Михайлов ЕН, и др. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2025. Российский кардиологический журнал. 2025;30(11): 6668. [Golitsyn SP, Golukhova EZ, Mikhailov EN, et al. Atrial fibrillation and flutter. Clinical guidelines 2025. Russian Journal of Cardiology. 2025;30(11): 6668. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2025-6668>.
2. Joglar JA, Chung MK, Armbruster AL, et al. 2023 ACC/AHA/ACCP/HRS Guideline for the Diagnosis and Management of Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. Circulation. 2024;149(1): e1-e156. <https://doi.org/10.1161/CIR.000000000001193>.
3. Gupta T, Cheema N, Randhawa A, et al. Translational anatomy of the left atrium and esophagus as relevant to the pulmonary vein antral isolation for atrial fibrillation. Surg Radiol Anat. 2020;42(4): 367-376. <https://doi.org/10.1007/s00276-019-02327-3>.
4. Bunch TJ, May HT, Crandall BG, et al. Intracardiac ultrasound for esophageal anatomic assessment and localization during left atrial ablation for atrial fibrillation. J Cardiovasc Electrophysiol. 2013;24(1): 33-9. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2012.02441.x>.
5. Jang SW, Kwon BJ, Choi MS, et al. Computed tomographic analysis of the esophagus, left atrium, and pulmonary veins: implications for catheter ablation of atrial fibrillation. J Cardiovasc Electrophysiol. 2014;25(1): 10-6. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2013.02641.x>.
6. fibrillation. J Interv Card Electrophysiol. 2011;32: 1-6. <https://doi.org/10.1007/s10840-011-9594-9>.
7. Tilz RR, Schmidt V, Pürerfellner H, Maury P, et al. A worldwide survey on incidence, management, and prognosis of oesophageal fistula formation following atrial fibrillation catheter ablation: the POTTER-AF study. Eur Heart J. 2023;44(27): 2458-2469. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad250>.
8. Halm U, Gaspar T, Zachařus M, et al. Thermal esophageal lesions after radiofrequency catheter ablation of left atrial arrhythmias. Am J Gastroenterol. 2010;105(3): 551-6 <https://doi.org/10.1038/ajg.2009.625>.
9. Knopp H, Halm U, Lamberts R, et al. Incidental and ablation-induced findings during upper gastrointestinal endoscopy in patients after ablation of atrial fibrillation: a retrospective study of 425 patients. Heart Rhythm. 2014;11: 574-8. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.01.010>.
10. Lakkireddy D, Reddy YM, Atkins D, et al. Effect of atrial fibrillation ablation on gastric motility: the atrial fibrillation gut study. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2015;8: 531-6. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.114.002508>.
11. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, Kim YH, Saad EB, Aguinaga L, et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SO-LAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. Heart Rhythm. 2017;14(10): e275-e444. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.05.012>.
12. Aryana A, Baker JH, Espinosa Ginic MA, et al. Posterior wall isolation using the cryoballoon in conjunction

- with pulmonary vein ablation is superior to pulmonary vein isolation alone in patients with persistent atrial fibrillation: A multicenter experience. *Heart Rhythm*. 2018;15(8): 1121- 1129. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.05.014>.
12. Fürnkranz A, Bordignon, S, Böhmig, M., et al. Reduced incidence of esophageal lesions by luminal esophageal temperature-guided second-generation cryoballoon ablation. *Heart Rhythm*. 2015;12(2): 268-274. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.10.033>.
13. Deiss S, Metzner A, Ouyang F, et al. Incidence of significant delayed esophageal temperature drop after cryoballoon-based pulmonary vein isolation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2016; 27:913-917. <https://doi.org/10.1111/jce.13008>.
14. Poty H, Saoudi N, Aziz AA, et al. Radiofrequency catheter ablation of type I atrial flutter. Prediction of late success by electrophysiological criteria. *Circulation* 1995;92: 1389-1392. <https://doi.org/10.1161/01.cir.92.6.1389>.
15. Cauchemez B, Haissaguerre M, Fisher B, et al. Electrophysiological effects of catheter ablation of inferior vena cava-tricuspid annulus isthmus in common atrial flutter. *Circulation* 1996;93: 284-329. <https://doi.org/10.1161/01.cir.93.2.284>.
16. Коробченко ЛЕ, Любимцева ТА, Давтян КВ, и др. Российский регистр криобаллонной аблации фибрилляции предсердий: характеристика процедуры и особенности ведения пациентов. *Вестник аритмологии*. 2025;32(1): 5-16. [Korobchenko LE, Lyubimtseva TA, Davtyan KV, et al. Russian registry of cryoballoon ablation of atrial fibrillation: characteristics of the procedure and features of patient's management. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(1): 5-16. (in Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-1447>.
17. Tzeis S, Gerstenfeld EP, Kalman J, et al. European Heart Rhythm Association (EHRA)/Heart Rhythm Society (HRS)/Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS)/Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS) expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2024;21(9): e31-e149. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.03.017>.
18. Сорокин ИН, Айвазян СА, Сапельников ОВ, и др. Новый метод профилактики повреждения пищевода при криобаллонной аблации устьев легочных вен при фибрилляции предсердий. (Пилотное исследование). *Кардиологический вестник*. 2022; 17:52-57. [Sorokin IN, Ayvazyan SA, Sapelnikov OV, Gorshenin KG, Buslaeva SI, Dvornikova MI. A new method for prevention of the esophageal lesion following cryoballoon ablation for atrial fibrillation. *Russian Cardiology Bulletin*. 2022;17(1): 52-57. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20221701152>.
19. Kuck KH, Fürnkranz A, Chun KR, et al. FIRE AND ICE Investigators. Cryoballoon or radiofrequency ablation for symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: reintervention, rehospitalization, and quality-of-life outcomes in the FIRE AND ICE trial. *Eur Heart J*. 2016; 37(38): 2858-2865. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw285>.
20. Ahmed H, Neuzil P, d'Avila A, et al. The esophageal effects of cryoenergy during cryoablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2009;6(7): 962-9. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2009.03.051>.
21. Khairy P, Dubuc M. Transcatheter cryoablation part I: preclinical experience. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2008;31(1): 112-20. <https://doi.org/10.1007/s10840-023-01492-1>.
22. John RM, Kapur S, Ellenbogen KA, Koneru JN. Atrioesophageal fistula formation with cryoballoon ablation is most commonly related to the left inferior pulmonary vein. *Heart Rhythm*. 2017;14(2): 184-189. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.10.018>.
23. Lemola K, Sneider M, Pelosi F Jr, et al. Computed tomographic analysis of the anatomy of the left atrium and the esophagus: implications for left atrial catheter ablation. *Circulation*. 2004;14;110(24): 3655-60. <https://doi.org/10.1161/01>.
24. Abdulsalam NM, Sridhar AM, Tregoning DM, et al. Esophageal luminal temperature monitoring using a multi-sensor probe lowers the risk of esophageal injury in cryo and radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* 66, 1827-1835 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10840-023-01492-1>.
25. Айвазян СА, Артюхина ЕА, Горев МВ, и др. Практические рекомендации по выполнению процедуры криобаллонной изоляции легочных вен. М.: Академия постдипломного образования ФГБУ ФМБА России; 2020. [Ajvaz'jan SA, Artjuhina EA, Gorev MV, et al. Practical recommendations for performing cryoballoon isolation of pulmonary veins. M.: Academy of Postgraduate Education of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; 2020. (In Russ.)]
26. Chun KR, Stich M, Fürnkranz A, et al. Individualized cryoballoon energy pulmonary vein isolation guided by real-time pulmonary vein recordings, the randomized ICE-T trial. *Heart Rhythm*. 2017;14(4): 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.12.014>.
27. Cionte G, Mugnai G, Sieira J, et al. On the quest for the best freeze: predictors of late pulmonary vein reconnections after second-generation cryoballoon ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2015;8(6): 1359-1365. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.115.002966>.
28. Pott A, Kraft C, Stephan T, Petscher K, Rottbauer W, Dahme T. Time-to-isolation guided titration of freeze duration in 3rd generation short-tip cryoballoon pulmonary vein isolation - comparable clinical outcome and shorter procedure duration. *Int J Cardiol*. 2018; 255: 80-84. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.11.039>.