

Рубрика: хирургическая аритмология

© Г.А. АВАНЕСЯН, С.А. КОВАЛЕВ, А.Г. ФИЛАТОВ, 2023

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2023

УДК 616.12-008.318-089.168.1-06]-092

DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.1

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ НАРУШЕНИЙ РИТМА ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ МАСТАРДА ИЛИ СЕННИНГА

Тип статьи: обзорная статья

Г.А. Аванесян¹, С.А. Ковалев², А.Г. Филатов¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (президент – академик РАН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

²БУЗ Воронежской области «Воронежская областная клиническая больница № 1», Московский просп., 151, Воронеж, 394066, Российская Федерация

Аванесян Грайр Араратович, аспирант, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Ковалев Сергей Алексеевич, доктор мед. наук, профессор, руководитель кардиохирургического центра, заведующий кафедрой; orcid.org/0000-0001-6342-2209

Филатов Андрей Геннадьевич, доктор мед. наук, заведующий отделением, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Транспозиция магистральных артерий (ТМА) составляет 5% от всех врожденных пороков сердца и является наиболее частой кардиальной причиной развития цианоза в периоде новорожденности. ТМА характеризуется развитием дискордантности желудочково-артериального соединения, то есть магистральные сосуды при данном пороке отходят следующим образом: аорта – от правого желудочка, а легочный ствол – от левого желудочка.

В 1960–1980-е годы одним из основных методов радикальной коррекции ТМА являлось выполнение операции Мастарда (Mustard) или Сеннинга (Senning). Одним из частых осложнений, которые встречаются в раннем и отдаленном периоде у данной группы пациентов, является наличие сопутствующей гемодинамически значимой аритмии.

В статье описывается патофизиология, электрофизиологическая анатомия у пациентов с нарушениями ритма сердца после радикальной коррекции ТМА.

Ключевые слова: радиочастотная абляция, нарушения ритма сердца, операция Мастарда, операция Сеннинга

PATHOPHYSIOLOGY OF RHYTHM DISTURBANCES AFTER MUSTARD OR SENNING OPERATIONS

Г.А. Avanesyan¹, S.A. Kovalev², A.G. Filatov¹

¹Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

²Voronezh Regional Clinical Hospital No. 1, Voronezh, 394066, Russian Federation

Grayr A. Avanesyan, Postgraduate, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Sergey A. Kovalev, Dr. Med. Sci., Professor, Head of Cardiac Surgery Center, Chief of Chair; orcid.org/0000-0001-6342-2209

Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Head of Department, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Transposition of the great arteries (TMA) accounts for 5% of all congenital heart defects and is the most common cardiac cause of cyanosis in the neonatal period. TMA is characterized by the development of discordance of the ventricular arterial junction, in other words, the discharge of the main vessels in this defect is as follows: the aorta – from the right ventricle, and the pulmonary trunk from the left ventricle.

In the 1960s to the 1980s, one of the main methods for radical correction of TMA was the Mustard or Senning operation. One of the obvious complications encountered in the early and late period in this type of patients was the presence of concomitant, hemodynamically significant arrhythmia.

This article describes pathophysiological, electrophysiological anatomy in patients with cardiac arrhythmias after radical correction of the transposition of the great vessels.

Keywords: radiofrequency ablation, cardiac arrhythmias, Mustard operation, Senning operation

Введение

Транспозиция магистральных артерий (ТМА) составляет 5% от всех врожденных пороков сердца (ВПС) и является наиболее частой кардиальной причиной развития цианоза в периоде новорожденности. Она характеризуется развитием дискордантности желудочково-артериального соединения, а другими словами — при данном пороке отхождение магистральных сосудов следующее: аорта отходит от правого желудочка (ПЖ), а легочный ствол (ЛС) — от левого желудочка (ЛЖ) [1]. Крайне редко аорта располагается позади ЛС. В 65% случаев она располагается справа от ЛС (D-ТМА), в 35% — слева (L-ТМА) (рис. 1) [1, 2].

Использование первым этапом процедуры Рашкинда (W. Rashkind) и Миллера (W. Miller) в 1966 г. позволило улучшить течение заболевания в период новорожденности. Суть данной операции: интервенционное введение баллона в овальное окно, при раскрытии которого разрывается межпредсердная перегородка и ее дефект увеличивается. Таким образом, ТМА — хирургическое заболевание, требующее радикальной коррекции данного порока [3].

В 1976 г. A.D. Jatene. et al. сообщили об успешном хирургическом лечении при D-ТМА, которое в течение многих лет оставалось одним из основных методов лечения [3, 4].

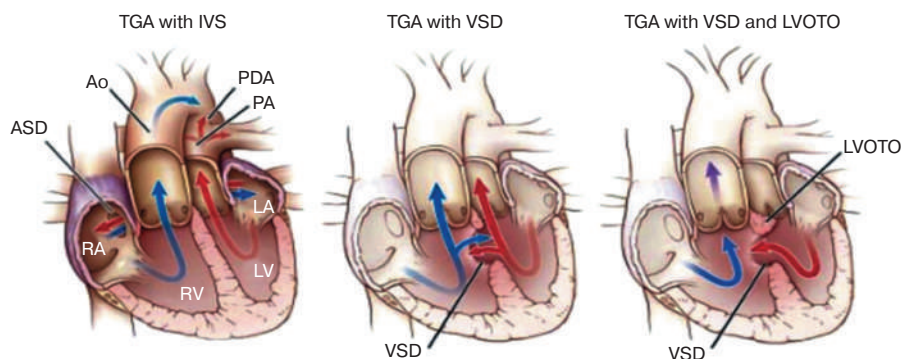
Так как процедура артериального переключения и транслокации коронарной артерии вытес-

нила операции Мастарда (Mustard) и Сеннинга (Senning) в большинстве западных стран начиная с конца 1980-х годов, большинство выживших пациентов с предсердным переключением достигли в настоящее время возраста 25–30 лет. Однако существуют редкие анатомические состояния, при которых эти операции еще используются. В первую очередь это врожденная корригированная транспозиция, при которой показано двойное переключение (предсердное и артериальное) или предсердное переключение с каналом оттока из ПЖ в легочную артерию. Еще реже встречаются пациенты с изолированной атриовентрикулярной (АВ) дискордантностью (АВ-дискордантность с вентрикулоартериальной конкордантностью). При всех этих условиях предсердное переключение приводит к тому, что анатомически ЛЖ становится субортальной насосной камерой, а анатомически ПЖ — субпульмональной [4, 5].

Хирургическая анатомия

Операция Senning

В 1958 г. A. Senning впервые выполнил процедуру предсердного переключения. При выполнении этой операции создают предсердную перегородку из аутологичной ткани для направления системного венозного возврата к митральному клапану и подпульмональному ЛЖ. Сначала кпереди от пограничного гребня выполняют вертикальную правую атриотомию



Ао — аорта; ASD — дефект межпредсердной перегородки; VSD — интактная межжелудочковая перегородка; LA — левое предсердие; LV — левый желудочек; LVOTO — обструкция выводного тракта левого желудочка; PA — легочная артерия; PDA — открытый артериальный проток; RA — правое предсердие; RV — правый желудочек; TGA — ТМА; VSD — дефект межжелудочковой перегородки

Рис. 1. Примеры анатомических вариантов ТМА. Стрелками указано направление кровотока. Места, где стрелки пересекаются, показывают возможности для смешивания системного и легочного венозного возврата. Только в этих местах может возникнуть эффективный кровоток, который определяется как часть системного венозного возврата, полностью насыщенная кислородом [1].

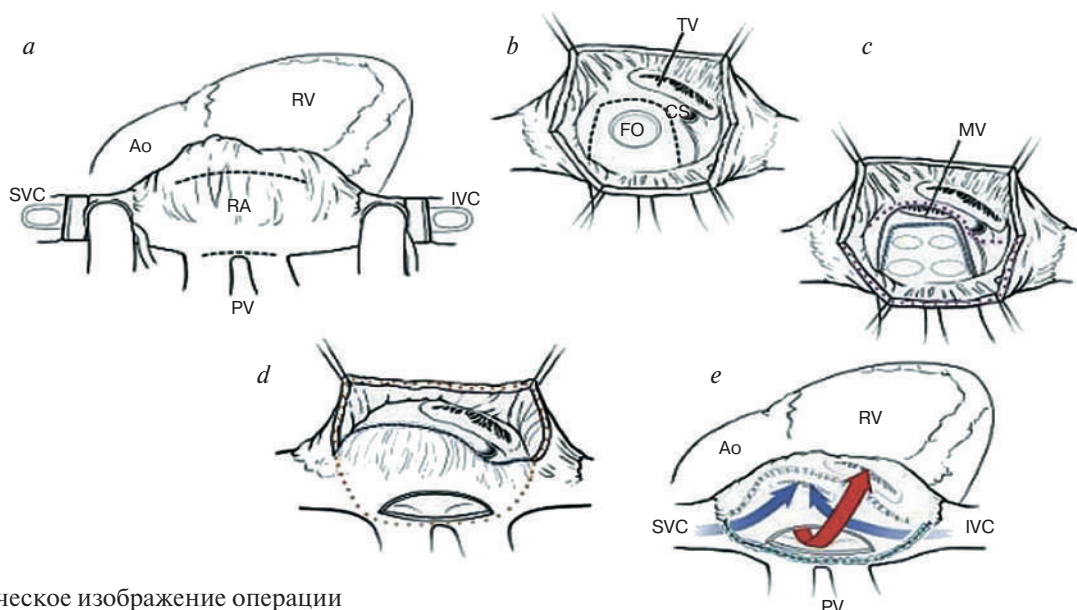


Рис. 2. Схематическое изображение операции Senning. Изображения сделаны с точки зрения хирурга с правой стороны стола, голова слева, а ноги справа [5].

Ао – аорта; FO – овальное отверстие; IVC – нижняя полая вена; MV – митральный клапан; PV – легочные вены; RA – правое предсердие; SVC – верхняя полая вена; TV – трехстворчатый клапан

(рис. 2, а, верхняя пунктирная линия). Затем рассекают передний, нижний и верхний края межпредсердной перегородки, создавая из нее лоскут (рис. 2, в, пунктирная линия). Лоскут межпредсердной перегородки помещают в левое предсердие и сшивают вокруг легочных вен, тем самым отделяя легочный венозный возврат от левого предсердия и формируя дно возможного системного венозного пути (рис. 2, с). Затем заднюю/латеральную стенку правого предсердия сшивают вокруг устьев верхней и нижней полых вен и переднего края остатка межпредсердной перегородки между атриовентрикулярными клапанами (приблизительно две пунктирные линии на рис. 2, с). Таким образом, завершается формирование интеркавальной трубки, представляющей системный венозный путь к митральному клапану (рис. 2, d). Затем выполняют вертикальную левостороннюю атриотомию между правыми легочными венами и межпредсердной перегородкой (см. рис. 2, а, нижняя пунктирная линия). Далее для завершения легочного венозного пути от левой атриотомии до трехстворчатого клапана и системного ПЖ используют переднюю стенку правого предсердия (см. рис. 2, d, пунктирная линия верхнего лоскута свободной стенки опущена до нижней пунктирной линии). При необходимости для закрытия промежутка между этими разрезами может потребоваться перикард или искусственный материал [5].

Операция Mustard

В 1963 г. W. Mustard выполнил операцию предсердного переключения, используя перикард для создания внутрисердечной перегородки, что в последующем сделало ее альтернативой процедуре Senning. При этой операции межпредсердную перегородку и большую часть лимба иссекают для создания большого дефекта межпредсердной перегородки от нижней полой вены до верхней полой вены. Затем помещают внутрисердечную перегородку, направляя системный венозный кровоток к левостороннему митральному клапану и в конечном счете к легочной артерии (рис. 3, а–f) [6].

Процедуры переключения предсердий по Mustard и Senning дали отличные ранние и среднесрочные результаты, но со временем стало очевидно, что они приводят к важным долгосрочным последствиям.

Наиболее ранними осложнениями являются устойчивые нарушения ритма сердца (НРС), такие как дисфункция синусного узла и суправентрикулярные тахикардии. Также у некоторых пациентов может наступить внезапная сердечная смерть (ВСС), которая предположительно связана с развитием жизнеугрожающей аритмии или миокардиальной недостаточности.

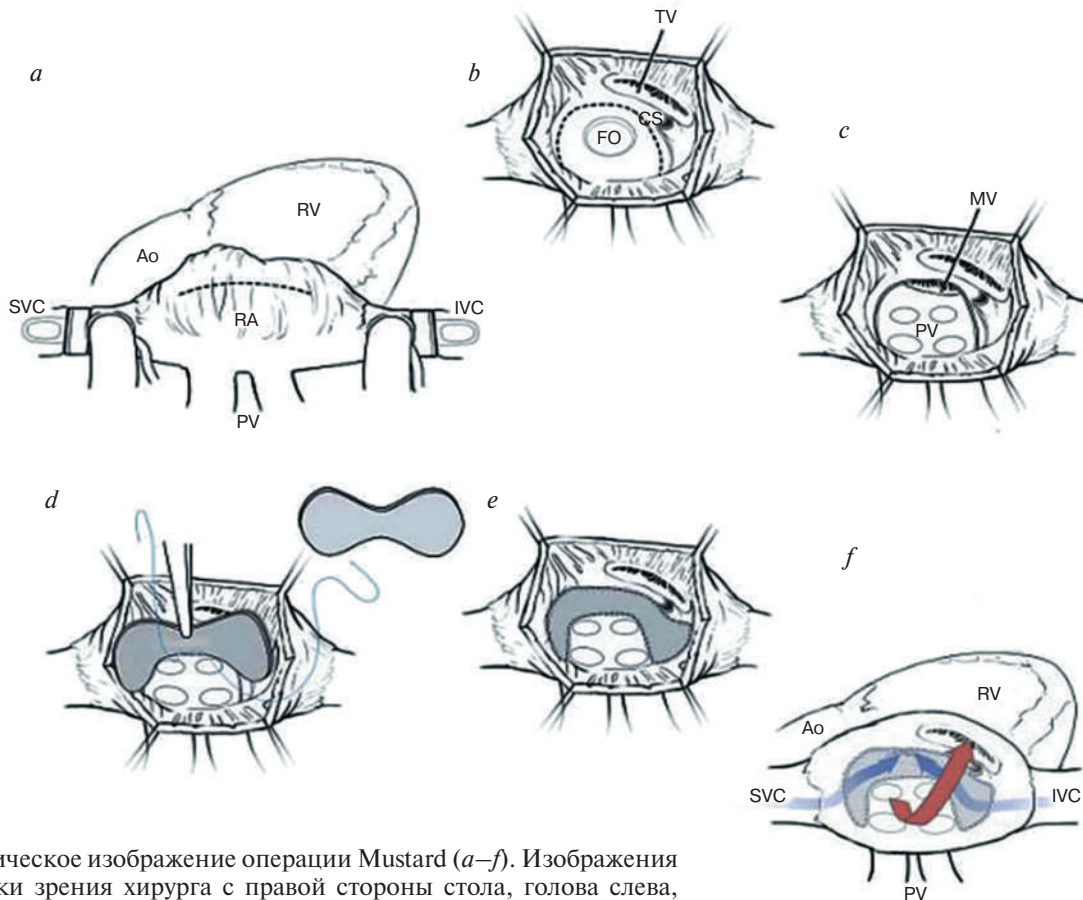


Рис. 3. Схематическое изображение операции Mustard (a–f). Изображения сделаны с точки зрения хирурга с правой стороны стола, голова слева, а ноги справа [6].

Ао – аорта; FO – овальное отверстие; IVC – нижняя полая вена; MV – митральный клапан; PV – легочные вены; RA – правое предсердие; SVC – верхняя полая вена; TV – трехстворчатый клапан

Нарушения ритма сердца

До конца 1980-х годов основным методом лечения пациентов с врожденной D-TMA было проведение паллиативного хирургического вмешательства с использованием операций Mustard или Senning, что способствовало получению ранних результатов с точки зрения смертности и качества жизни. Тем не менее в стареющей взрослой популяции с ВПС были выявлены последствия внутрипредсердной блокировки, которая подвергает предсердия (особенно правое) обширным линиям швов и фиброзу. Ремоделирование правого предсердия подвергает синусный узел и миокард риску развития НРС [7].

Дисфункция синусного узла, предсердные тахикардии и риск ВСС были признаны важными последствиями после этих операций. Возможно, что этому бремени способствуют дополнительные факторы риска: развитие дисфункции ПЖ, атриовентрикулярной регургитации, системной или легочной венозной гипертензии, обструкции выводных отделов желудочков [8].

Дисфункция синусного узла

Патогенезом развития дисфункции синусного узла (ДСУ) после операций предсердного переключения являются нарушение кровотока в синусном узле или повреждение самого узла. Определение точной частоты ДСУ является сложной задачей и сильно варьирует в зависимости от различий операционных методов и хирургических эпох. Однако сообщалось, что через 20 лет после пластики Mustard или Senning ДСУ может наблюдаться у 47% пациентов. У 5–11% пациентов ДСУ, возникшая после операции, требовала имплантации кардиостимулятора. Потеря синусового ритма сопряжена с риском развития брадикардии, помимо очевидных симптомов. M. Gewilling. et al. сообщили о потере синусового ритма у 2,4% пациентов в первый год после операции Mustard, а возникновение узлового ритма способствовало появлению наджелудочковых тахикардий с 2,1-кратным увеличением риска развития ($P < 0,05$) [9].

Внутрипредсердная реципрокная тахикардия и другие формы наджелудочковой тахикардии

Внутрипредсердная реципрокная тахикардия (ВПРТ) после операций Mustard или Senning развивается не только из-за естественных барьеров проводимости (пограничный гребень, кольца клапана, устья верхней/нижней полой вены, устья легочных вен), но и из-за фиброза, образовавшегося по линиям швов [10].

По сравнению с типичным трепетанием предсердий (ТП) в нормальном сердце ВПРТ обычно медленнее, с атипичной морфологией зубца Р. Так как соотношение прохождения через атриовентрикулярный (АВ) узел чаще всего составляет 2:1, этот ритм следует заподозрить при монотонной частоте желудочков от 100 до 140 уд/мин [11, 12].

G. Puley. et al. провели исследование, в котором получили следующие результаты: частота развития суправентрикулярной тахикардии в когортах Senning и Mustard через 5–10 лет наблюдения после выполнения пластики составила около 13%. Более долгосрочные данные через 20 лет после операции Mustard сообщают о частоте до 34%, в исключительно взрослой группе пациентов (старше 18 лет) [13].

Внутрипредсердная реципрокная тахикардия — наиболее распространенная форма суправентрикулярной тахикардии в этой группе пациентов. Иногда термин «внутрипредсердная реципрокная тахикардия» взаимозаменяем с термином «трепетание предсердий», так как оба являются макрориентри-тахикардиями [14, 15].

M. Gewillig. et al. показали, что наличие ВПРТ увеличивает риск внезапной смерти в 4,7 раза ($P < 0,01$) [9]. Считается, что патофизиология внезапной смерти связана с быстрым желудочковым ответом на ВПРТ, за которым следуют связанные с ишемией желудочковые тахикардия и фибрилляция. Предположительно, некоторые пациенты после операций Senning/Mustard имеют особенно короткий рефрактерный период АВ-узла, что подвергает их особому риску. Случайно и трагически это наблюдалось во время амбулаторного мониторинга ритма. Таким образом, диагноз ВПРТ после операции предсердного переключения имеет худший прогноз, чем в большинстве других состояний, и, безусловно, прогноз хуже, чем у пациентов с нормальным сердцем [16, 17].

Внезапная сердечная смерть

Внезапная сердечная смерть чаще встречается после операции переключения предсердий по поводу D-TMA, чем после любой другой формы операции по поводу коррекции ВПС. Зарегистрированная заболеваемость составляет около 5,6 на 1000 пациенто-лет (5,6% за десятилетие). У пациентов с ВСС значимые ассоциации включали наличие каких-либо симптомов (отношение шансов (ОШ) 6,45 (2,42–17,24), $p < 0,0005$), аритмических симптомов (ОШ 21,6 (2,8–166,9), $p = 5,003$), предшествующие симптомы сердечной недостаточности (ОШ 4,44 (1,85–10,62), $p = 0,001$), документированные предсердные тахикардии (ОШ 4,87 (1,90–12,46), $p = 5,001$) и использование кардиологических препаратов (ОШ 5,16 (1,86–14,28), $p = 5,002$). В этой группе 81% событий произошли во время физической нагрузки. Похоже, что пациенты со сниженной функцией ПЖ в сочетании с тахиаритмиями представляют собой группу с самым высоким риском ВСС [18, 19].

Такие брадиаритмии, как ДСУ, являются менее важными факторами риска ВСС. Во всех задокументированных случаях ВСС терминальным ритмом была полиморфная желудочковая тахикардия/фибрилляция желудочков (ЖТ/ФЖ) [20].

Дальнейшее понимание механизмов и взаимосвязей с ВСС в этой группе пациентов получено в многоцентровом ретроспективном когортном исследовании, проведенном P. Khairy et al., с участием 37 пациентов, которым уже был имплантирован кардиовертер-дефибриллятор (ИКД). Они не обнаружили связи между результатами запрограммированной стимуляции желудочков и возможными надлежащими рядами ИКД, но выявили хорошую связь с вторичной профилактикой как причиной имплантации (ОШ 5,18, (1,2261–12,77), $P = 0,034$) и отсутствием лечения бета-блокаторами (ОШ 16,7 (1,3–185,2), $P = 5,03$). Они также пришли к выводу, что суправентрикулярная тахикардия в анамнезе может быть связана с риском ВСС [21].

Аритмическая лекарственная терапия

До появления аблации послеоперационных наджелудочковых тахиаритмий аритмии можно было лечить только фармакологически. Однако антиаритмические препараты часто были не полностью эффективны и приводили к про-

аритмическим и другим неблагоприятным побочным эффектам. Также было неясно, обеспечивают ли антиаритмические препараты какую-либо защиту от ВСС. В своей работе J.A. Kammeraad. et al. [19] сообщили о 47 пациентах после операций Mustard и Senning с внезапной смертью или прерванной внезапной смертью, у которых лекарственная терапия не снижала риск внезапной смерти, несмотря на то что 20 пациентов принимали антиаритмические препараты. Однако, как отмечалось ранее, P. Khairiy. et al. продемонстрировали возможный защитный эффект бета-блокаторов у пациентов с переключением предсердий [21]. Они обнаружили, что у пациентов с ИКД, благодаря приему бета-блокаторов, было уменьшено количество соответствующих разрядов от ИКД. Исследователи предполагают, что это связано с комбинацией факторов, включающих подавление первичных желудочковых или наджелудочковых аритмий, замедление желудочкового ответа на предсердные тахикардии, увеличение времени диастолического наполнения и уменьшение ишемии миокарда [22].

Антитахикардическая стимуляция при предсердных тахикардиях

Было показано, что антитахикардическая стимуляция (АТС) успешно купирует реципрокную предсердную тахикардию у пациентов со сложным ВПС в анамнезе [23].

Е.А. Stephenson et al. отмечали, что постоянный кардиостимулятор второго поколения с антитахикардией и возможности электрокардиостимуляции DDDR позволили обнаружить, а в 50% эпизодов успешно купировать, предсердные аритмии у пациентов с ВПС, некоторые из них перенесли операцию Mustard или Senning [24].

Другие методы лечения: кардиостимуляция при брадикардии, ИКД, сердечная ресинхронизирующая терапия.

Ранее считалось, что брадиаритмии были основным триггером внезапной смерти у пациентов с переключением предсердий, но последующие исследования не показали положительного эффекта от ИКД. Тем не менее брадикардия является причиной значительного ухудшения заболевания и развития дисфункций желудочков. В этой группе пациентов показания для имплантации постоянного кардиостимулятора включают симптоматическую дисфункцию синоатриального узла, симптоматическую брадикардию, связанную с АВ-блокадой II или III степени,

синусовую брадикардию или атриовентрикулярную диссоциацию с нарушением гемодинамики, оцениваемую инвазивными или неинвазивными методами [25].

Опыт с имплантируемыми сердечными дефибрилляторами после операции Mustard или Senning относительно ограничен. Интересно, что частота соответствующих разрядов у пациентов с первичной профилактикой была довольно низкой, тогда как у пациентов с вторичной профилактикой была отмечена относительно высокая частота соответствующих разрядов, что подчеркивает сложность прогнозирования того, какие пациенты подвергаются наибольшему риску внезапной смерти, и необходимость лучшей стратификации риска в этой популяции пациентов. Также примечательно, что в исследовании The Cardiac Arrhythmia Suppression Trial (CAST) суправентрикулярные тахикардии предшествовали или сосуществовали с 50% разрядов, соответствующих подтвержденным ЖТ. Показания для имплантации ИКД включают: выживших после остановки сердца из-за ФЖ или гемодинамически нестабильной ЖТ после исключения других полностью обратимых причин, пациентов со спонтанной устойчивой ЖТ и взрослых с фракцией выброса 35% или менее и симптомами II или III функционального класса по NYHA [26].

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) при недостаточности ПЖ имеет особое значение у пациентов с транспозицией после операции переключения предсердий, поскольку их ПЖ остается системным. В раннем небольшом исследовании А.М. Dubin et al. продемонстрировали, что имплантация СРТ приводила к улучшению функции ЛЖ (судя по фракции выброса) у пациентов с ВПС и умеренной и тяжелой дисфункцией ПЖ. В другом исследовании А.М. Dubin, включившем нескольких пациентов после операции Mustard или Senning, СРТ привела к резкому улучшению систолической и диастолической функции ПЖ, а также к улучшению класса NYHA во время промежуточного наблюдения. Также была подтверждена синхронность сокращений с помощью тканевой доплерографии. Однако это исследование не показало значительного улучшения регургитации трехстворчатого клапана [27].

Стратегия радиочастотной аблации

Катетерная аблация любых суправентрикулярных тахикардий после операции по переключению предсердий целесообразна у пациентов

с рецидивирующими клиническими эпизодами и, вероятно, является терапией выбора у пациентов с ВПРТ. Общий уровень краткосрочного успеха значительно превышает 80%. Хирург должен иметь полное представление о хирургической анатомии и о том, как она применима к ходу катетера, нормальной системе проведения и естественным препятствиям при манипуляциях в сердце. Методы электроанатомического картирования особенно полезны при создании многокамерных реконструкций [28, 29].

Электрофизиологическая анатомия

Операцию Mustard выполняют через правую атриотомию, которая может быть проведена по вертикали или горизонтали. В вертикальном положении разрез обычно находится впереди пограничного гребня. После этой операции АВ-узел будет всегда отделяться от легочной венозной/системно-желудочковой стороны кровообращения. Во время операции Mustard переднюю часть предсердной перегородки пришивают к переднему остатку межпредсердной перегородки, сразу позади (кзади) АВ-узла (в прошлом интраоперационная блокада сердца возникала у менее 5% пациентов, связанных с этой частью процедуры). Затем линия шва продолжается книзу, где она спереди окружает устье нижней поллой вены. Этот разрез обязательно разделяет медиальный кавотрикуспидальный перешеек (КТИ) пополам, но существуют технические

различия в том, как это выполняется, в основном в зависимости от того, как обрабатывается устье коронарного синуса:

- когда линия шва располагается впереди устья, коронарный синус впадает в систему венозного предсердия, оставляя на этой стороне относительно большую часть медиального перешейка;

- и наоборот, если линия шва проходит кзади от устья, большая часть перешейка находится на той же стороне, что и трехстворчатый клапан;

- чаще всего хирурги разрезают проксимальный отдел коронарного синуса и пришивают перегородку к краю разреза, оставляя промежуточную часть задне-септального остатка/медиального перешейка с каждой стороны. Во всех случаях доступ к устью коронарного синуса затруднен (рис. 4). Задержка проведения в этой области была продемонстрирована интраоперационным картированием активации [24, 30–32].

Поскольку линия разделительного шва затем расширяется назад, она пересекает плоскость старой межпредсердной перегородки и проходит ниже нижних легочных вен, прежде чем латерально окружить левые легочные вены. Результатом этой процедуры является рассечение левой нижней легочной вены и перешейка митрального кольца. Затем линия шва проходит над верхними легочными венами, повторно пересекая плоскость первоначальной межпредсердной перегородки, после чего направляется кпереди, охватывая устье верхней поллой вены. Эта часть

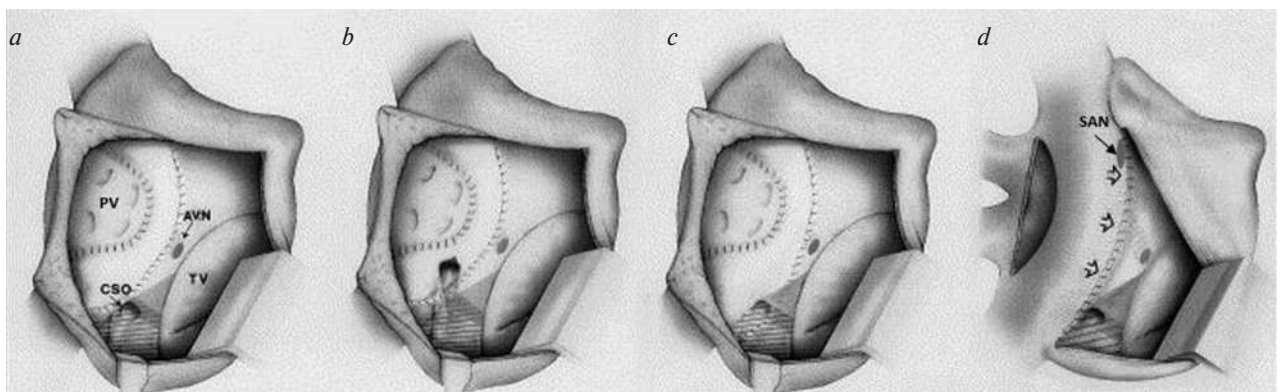


Рис. 4. Внутренний вид легочного венозного предсердия с правой боковой перспективой после операций Mustard (a–c) и Senning (d), демонстрирующий соответствующие компоненты проводящей системы, особенно в отношении вариаций линии нижнего шва и устья коронарного синуса (CSO):

a – линия шва проходит позади CSO, оставляя его дренироваться в легочном венозном предсердии; b – CSO надрезан, линия шва включает край разреза проксимального отдела коронарного синуса; c – линия шва находится впереди CSO, оставляя его дренировать в системный венозный атриум. Заштрихованная область представляет собой приблизительную область медленных входов в АВ-узел; d – стрелки представляют собой линию шва, соединяющую свободную стенку правого предсердия с передним краем остатка межпредсердной перегородки. Заштрихованная область – медиальный кавотрикуспидальный перешеек.

AVN – АВ-узел; PV – легочные вены; SAN – синоатриальный узел; TV – трехстворчатый клапан

линии шва ответственна за повреждение синоатриального узла и/или его кровоснабжения. Линия разделительного шва завершается, когда она проходит через гребенчатые мышцы в основании ушка правого предсердия. Когда есть протечки перегородки, которые теоретически могут представлять риск парадоксальной эмболии, они обычно возникают в этой области. Часть ушка правого предсердия и все ушко левого предсердия остаются на стороне системных вен, где они, а также крыша нативного левого предсердия являются предпочтительными местами для введения постоянных предсердных электродов. Стимуляция левого диафрагмального нерва представляет собой хорошо известный риск размещения электрода в ушке левого предсердия [27, 33].

Гемодинамическая хрупкость

Считается, что субаортальный ПЖ особенно уязвим для ишемии миокарда, а сокращенная диастола, вызванная суправентрикулярными тахикардиями с быстрым желудочковым ответом, может быть особенно проблематичной. Даже длительные периоды быстрой стимуляции предсердий, которые могут потребоваться для индукции клинической аритмии, могут сказаться на ходе исследования. Если известно, что у пациентов наблюдается только ВПРТ, внутривенный дилтиазем может быть использован для снижения частоты желудочковых сокращений, таким образом защищая функцию ПЖ. Однако это лекарственное средство может обладать проаритмогенным действием [34, 35].

Сосудистый доступ

Интервенционные хирурги предпочитают иметь по крайней мере 3 катетера, установленных с венозного отдела сердца, один для желудочковой стимуляции, один многополюсный катетер для предсердной стимуляции и катетер для картирования/абляции «point by point». При необходимости можно установить интродьюсер в бедренную артерию, если нужно выполнить картирование/абляцию легочных венозных предсердий с использованием ретроградного трансаортального доступа. Тем не менее хирург должен быть готов к ограниченному сосудистому доступу, потому что частота окклюзий подвздошно-бедренных вен во время катетерных процедур еще в младенчестве достаточно высока. Определение проходимости перегородки является еще одним важным этапом до начала операции [36, 37].

Электрофизиологическое исследование

Электроанатомическое картирование полезно во время этих процедур, так как помогает создать анатомические оболочки системных и венозных предсердий. Современные технологии позволяют одновременное отображение обеих камер. Предоперационная визуализация с помощью компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии может быть использована для объединения изображений. Анатомическая оболочка в идеале должна включать кольца АВ-клапана, отверстия полых вен и отверстия легочных вен. После индукции тахикардии допустимо точечное картирование с использованием более новых систем, которые регистрируют несколько точек одновременно; эти цепи тахикардии имеют тенденцию быть стабильными с течением времени. Карта локальной активации (LAT) облегчает понимание механизма тахикардии (активация головы и хвоста для макрориентри и центробежная активация для фокальной предсердной тахикардии). Вольтажное картирование идентифицирует рубцы как области с биполярным напряжением менее 0,05 В. Новые катетеры с силовым контактом подтверждают достоверность областей с низким напряжением, когда наблюдается сила не менее 10 г. При необходимости могут быть применены классические электрофизиологические методы [38, 39].

Хирург должен быть готов к доступу к легочному венозному предсердию. Если нет известного дефекта перегородки, это может быть достигнуто только с использованием ретроградного доступа через аортальный клапан, трехстворчатый клапан или путем выполнения перфорации перегородки, аналогичной трансептальной пункции. Ретроградный подход позволяет картировать и аблировать нативную боковую часть правого предсердия, области вокруг правых легочных вен и нижнюю половину области перитрикуспидального клапана. Катетер должен быть согнут и пролабирован через аортальный клапан, чтобы избежать повреждения клапана. Крутящий момент по часовой стрелке продвигает катетер вправо и кзади. Открытие сгибания направит наконечник через трехстворчатый клапан и к нижнему латеральному нативному правому предсердию. Комбинация извлечения катетера и удлинения кончика задействует легочный венозный компонент латеральной КТИ вплоть до кольца трехстворчатого клапана. Крутящий

момент по часовой стрелке, отведение катетера назад и удлинение кончика задействуют септальный трехстворчатый клапан, где возможно картирование медленного пути. Затем сгибание направит кончик кверху, к области пучка Гиса. Этот метод не является надежным для картирования других частей легочного венозного предсердия из-за потери энергии при изгибе катетера вокруг дуги аорты и изгибе ПЖ к трехстворчатому клапану [40].

Трансмембранная перфорация является единственным методом легочно-венозно-предсердного доступа у пациентов, перенесших искусственную замену трехстворчатого клапана, и может быть безопасно выполнена, но даже после успешной перфорации продвижение длинного интродьюсера может быть затруднено и требует применения методов дилатации. Эту процедуру следует проводить под контролем внутрисердечной или чреспищеводной эхокардиографии, когда это возможно. Этот подход позволяет картировать легочную венозную сторону всего нативного правого предсердия и правых легочных вен. Он наиболее естественно задействует среднюю часть КТИ от трехстворчатого клапана до линии шва перегородки. При сильном вращении по часовой стрелке можно получить доступ к септальному трехстворчатому клапану; с крутящим моментом против часовой стрелки можно достичь левых легочных вен до линии перивенозного шва [41].

В опубликованных исследованиях катетерная абляция ВПРТ оказалась успешной у 71 из 83 (86%) пациентов. Сообщалось, что долгосрочные рецидивы возникают у 33% пациентов. В более крупных опубликованных исследованиях критической зоной медленной проводимости, которая была успешно нацелена на катетерную абляцию, был КТИ в 77–88% [42].

Подход авторов к картированию ВПРТ у этих пациентов заключается в том, чтобы сначала определить диастолу предсердий. Поскольку продолжительность цикла ВПРТ у этих пациентов обычно составляет от 220 до 300 мс, наблюдается соотношение проведения через АВ-узел 2 : 1. Поверхностный зубец Р (волна трепетания) может иметь низкую амплитуду и часто скрывается в зубцах Т и QRS при соотношении предсердий к желудочкам 2 : 1. Карта LAT, показывающая паттерн «голова встречается с хвостом» с плотными изохронами между препятствиями проведения, обычно ассоциируется с фракционными потенциалами, охватывающими диастолу,

или дискретными двойными потенциалами. Как только механизм макрориентри подтвержден, эти области пригодны для картирования и катетерной абляции [43–45].

В большинстве опубликованных опытов немедленный успех определяется как прекращение ВПРТ во время доставки энергии с последующей неиндуцируемостью тахикардии с переменной агрессивной стимуляцией предсердий. Демонстрация двунаправленной блокады является «золотым стандартом» для успешной абляции КТИ у пациентов с нормальным сердцем; у этих пациентов это может быть достигнуто только с помощью мультиполюсного катетера. Эта процедура может быть затруднена у пациентов, которым выполнены операции Mustard/Senning, потому что в идеале она требует картирования электроанатомического распространения во время стимуляции с каждой стороны линии абляции. S. Balaji. et al. опубликовали небольшой опыт таких пациентов, у которых, по их мнению, двунаправленная блокада была показана при регистрации как со стороны системных вен верхней перегородки, так и со стороны системных или легочных вен КТИ при кардиостимуляции с противоположной стороны. По сравнению с предварительной абляцией послеабляционный блок был связан с более длительным интервалом между перегородками в КТИ [46].

Эктопическая предсердная тахикардия

Фокальная предсердная тахикардия (ФПТ) представляет собой пароксизмальный ритм, который можно отличить от ВПРТ по сочетанию признаков: 1) зубец Р имеет тенденцию быть более дискретным, чем наблюдаемый во время ВПРТ, хотя это не является надежным признаком; 2) внутрисердечные электрограммы из интересующей камеры, как правило, занимают не менее 70% предсердного цикла при ВПРТ, но меньше при ФПТ; 3) центробежный паттерн активации предсердий во время электроанатомического картирования характеризует ФПТ по сравнению с паттерном «голова встречается с хвостом» при ВПРТ [47].

Атриовентрикулярная узловая реципрокная тахикардия (АВУРТ)

Атриовентрикулярная узловая реципрокная тахикардия также часто встречается у пациентов после операции Mustard/Senning. Продолжительность цикла часто довольно велика, иногда более 400 мс [48, 49].

У этих пациентов можно оценить анатомическое расположение устья коронарного синуса. Однако медленные пути АВ-узла могут быть распределены по обеим сторонам нижней линии шва перегородки, кольца трехстворчатого клапана, при этом компактная часть АВ-узла и электрограммы пучка Гиса всегда находятся на стороне легочных вен. M.R. Jongbloed. et al. рекомендуют размещать катетер на стороне системных вен рядом с ожидаемым расположением устья коронарного синуса в качестве анатомического ориентира [50].

Заключение

В течение следующих 30 лет содержание этого раздела будет в значительной степени представлять только исторический интерес, поскольку среднесрочные, а теперь и долгосрочные результаты позволяют предположить, что операция артериального переключения успешно заменила предсердное переключение. Тем не менее принципы планирования процедур и использования электрофизиологических принципов для нетрадиционных субстратов, которые так важны в этой группе пациентов, могут быть применены ко всему спектру послеоперационных сложных ВПС.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

- Perry L.W., Neill C.A., Ferencz C. et al. Infants with congenital heart disease: the cases. In: Ferencz C., Rubin J.D., Loffredo C.A. et al. (Eds.). Epidemiology of congenital heart disease. The Baltimore-Washington Infant Study 1981–1989. Mount Kisco (NY): Futura Publishing; 1993: 33–62.
- Rashkind W.J., Miller W.W. Creation of an atrial septal defect without thoracotomy: a palliative approach to complete transposition of the great arteries. *JAMA*. 1966; 196 (11): 991–2.
- Evans W. The arterial switch operation before Jatene. *Pediatr. Cardiol.* 2009; 30 (2): 119–24. DOI: 10.1007/s00246-008-9300-6
- Jatene A.D., Fontes V.F., Paulista P.P. et al. Anatomic correction of transposition of the great vessels. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1976; 72 (3): 364–70.
- Senning A. Surgical correction of transposition of the great arteries. *Surgery*. 1959; 45 (6): 966–80.
- Mustard W.T. Successful two-stage correction of transposition of the great arteries. *Surgery*. 1964; 55: 469–72.
- Gelatt M., Hamilton R.M., McCrindle B.W. et al. Arrhythmia and mortality after the Mustard procedure: a 30-year single-center experience. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 29 (1): 194–201. DOI: 10.1016/s0735-1097(96)00424-x
- Turley K., Hanley F.L., Verrier E.D. et al. The Mustard procedure in infants (less than 100 days of age). Ten-year follow-up. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1988; 96 (6): 849–53.
- Gewillig M., Cullen S., Mertens B. et al. Risk factors for arrhythmia and death after Mustard operation for simple transposition of the great arteries. *Circulation*. 1991; 84 (5 Suppl): III187–92.
- Dos L., Teruel L., Ferreira I.J. et al. Late outcome of Senning and Mustard procedures for correction of transposition of the great arteries. *Heart*. 2005; 91 (5): 652–6. DOI: 10.1136/hrt.2003.029769
- Kanter R.J., Garson A. Jr. Atrial arrhythmias during chronic follow-up of surgery for complex congenital heart disease. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 1997; 20 (2 Pt 2): 502–11. DOI: 10.1111/j.1540-8159.1997.tb06207.x
- Moons P., Gewillig M., Sluysmans T. et al. Long term outcome up to 30 years after the Mustard or Senning operation: a nationwide multicentre study in Belgium. *Heart*. 2004; 90 (3): 307–13. DOI: 10.1136/hrt.2002.007138
- Puley G., Siu S., Connelly M. et al. Arrhythmia and survival in patients >18 years of age after the Mustard procedure for complete transposition of the great arteries. *Am. J. Cardiol.* 1999; 83 (7): 1080–4. DOI: 10.1016/s0002-9149(99)00019-3
- Wilson N.J., Clarkson P.M., Barratt-Boyes B.G. et al. Long-term outcome after the Mustard repair for simple transposition of the great arteries: 28-year follow-up. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1998; 32 (3): 758–65. DOI: 10.1016/s0735-1097(98)00309-x
- Warnes C.A., Somerville J. Transposition of the great arteries: late results in adolescents and adults after the Mustard procedure. *Br. Heart J.* 1987; 58 (2): 148–55. DOI: 10.1136/hrt.58.2.148
- Hagler D.J., Ritter D.G., Mair D.D. et al. Right and left ventricular function after the Mustard procedure in transposition of the great arteries. *Am. J. Cardiol.* 1979; 44 (2): 276–83. DOI: 10.1016/0002-9149(79)90317-5
- Walsh E., Cecchin F. Arrhythmias in adult patients with congenital heart disease. *Circulation*. 2007; 115 (4): 534–5. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.592410
- Warnes C.A. Transposition of the great arteries. *Circulation*. 2006; 114 (24): 2699–709. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.592352
- Kammeraad J.A., Van Deurzen C.H., Sreeram N. et al. Predictors of sudden cardiac death after Mustard or Senning repair for transposition of the great arteries. *JACC*. 2004; 44 (5): 1095–102. DOI: 10/1016/j.jacc/2004/05/073
- Turina M., Siebenmann R., Nussbaumer P. et al. Long-term outlook after atrial correction of transposition of great arteries. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1988; 95 (5): 828–35.
- Khairy P., Harris L., Landzberg M.J. et al. Sudden death and defibrillators in transposition of the great arteries with intra-atrial baffles: a multicenter study. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2008; 1 (4): 250–7. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.776120
- Helbing W.A., Hansen B., Ottenkamp J. et al. Long-term results of atrial correction for transposition of the great arteries: comparison of Mustard and Senning operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 108 (2): 363–72.
- Flinn C.J., Wolff G.S., Dick M. 2nd et al. Cardiac rhythm after the Mustard operation for complete transposition of the great arteries. *N. Engl. J. Med.* 1984; 310 (25): 1635–8. DOI: 10.1056/NEJM198406213102504
- Stephenson E.A., Casavant D., Tuzi J. et al. Efficacy of atrial antitachycardia pacing using the Medtronic AT500 pacemaker in patients with congenital heart disease. *Am. J. Cardiol.* 2003; 92 (7): 871–6. DOI: 10.1016/s0002-9149(03)00905-6
- Hammermeister K.E., Boerth R.C., Warbasse J.R. The comparative inotropic effects of six clinically used antiarrhythmic agents. *Am. Heart J.* 1972; 84 (5): 643–52. DOI: 10.1016/0002-8703(72)90179-2
- The Cardiac Arrhythmia Suppression Trial Investigators. Preliminary report: effect of encainide and flecainide on mortality in a randomized trial of arrhythmia suppression after myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.* 1989; 321 (6): 406–12. DOI: 10.1056/NEJM198908103210629
- Dubin A.M., Feinstein J.A., Reddy V.M. et al. Electrical resynchronization: a novel therapy for the failing right ventricle. *Circulation*. 2003; 107 (18): 2287–9. DOI: 10.1161/01.CIR.0000070930.33499.9F

28. Kingma J.H., Suttorp M.J. Acute pharmacologic conversion of atrial fibrillation and flutter: the role of flecainide, propafenone, and verapamil. *Am. J. Cardiol.* 1992; 70 (5): A56–61. DOI: 10.1016/0002-9149(92)91079-j
29. Rhodes L.A., Walsh E.P., Gamble W.J. et al. Benefits and potential risks of atrial antitachycardia pacing after repair of congenital heart disease. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 1995; 18 (5 Pt 1): 1005–16. DOI: 10.1111/j.1540-8159.1995.tb04741.x
30. Khairy P., Van Hare G.F., Balaji S. et al. PACES/HRS expert consensus statement on the recognition and management of arrhythmias in adult congenital heart disease: developed in partnership between the Pediatric and Congenital Electrophysiology Society (PACES) and the Heart Rhythm Society (HRS). Endorsed by the governing bodies of PACES, HRS, the American College of Cardiology (ACC), the American Heart Association (AHA), the European Heart Rhythm Association (EHRA), the Canadian Heart Rhythm Society (CHRS), and the International Society for Adult Congenital Heart Disease (ISACHD). *Heart Rhythm.* 2014; 11 (10): e102–65. DOI: 10.1016/j.hrthm.2014.05.009
31. Gillette P.C., Zeigler V.L., Case C.L. et al. Atrial antitachycardia pacing in children and young adults. *Am. Heart J.* 1991; 122 (3 Pt 1): 844–9. DOI: 10.1016/0002-8703(91)90534-o
32. Michael K.A., Veldtman G.R., Paisey J.R. et al. Cardiac defibrillation therapy for at risk patients with systemic right ventricular dysfunction secondary to atrial redirection surgery for dextro-transposition of the great arteries. *Europace.* 2007; 9 (5): 281–4. DOI: 10.1093/europace/eum001
33. Bouzeman A., Marijon E., de Guillebon M. et al. Implantable cardiac defibrillator among adults with transposition of the great arteries and atrial switch operation: case series and review of literature. *Int. J. Cardiol.* 2014; 177 (1): 301–6. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.09.015
34. Janousek J., Tomek V., Chaloupecky V. et al. Cardiac resynchronization therapy: a novel adjunct to the treatment and prevention of systemic right ventricular failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2004; 44 (9): 1927–31. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.08.044
35. Wu J., Deisenhofer I., Ammar S. et al. Acute and longterm outcome after catheter ablation of supraventricular tachycardia in patients after the Mustard or Senning operation for D-transposition of the great arteries. *Europace.* 2013; 15 (6): 886–91. DOI: 10.1093/europace/eus402. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00557-4
36. Jones D.G., Jarman J.W., Lyne J.C. et al. The safety and efficacy of transbaffle puncture to enable catheter ablation of atrial tachycardias following the Mustard procedure: a single centre experience and literature review. *Int. J. Cardiol.* 2013; 168 (2): 1115–20. DOI: 10.1016/j.ijcard.2012.11.047
37. Wu J., Pflaumer A., Deisenhofer I. et al. Mapping of atrial tachycardia by remote magnetic navigation in postoperative patients with congenital heart disease. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2010; 21 (7): 751–9. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2009.01697.x
38. Greene A.E., Skinner J.R., Dubin A.M. et al. The electrophysiology of atrioventricular nodal reentry tachycardia following the Mustard or Senning procedure and its radiofrequency ablation. *Cardiol. Young.* 2005; 15 (6): 611–6. DOI: 10.1017/S1047951105001782
39. Kanter R.J., Papagiannis J., Carboni M.P. et al. Radiofrequency catheter ablation of supraventricular tachycardia substrates after Mustard and Senning operations for d-transposition of the great arteries. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000; 35 (2): 428–41. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00557-4
40. Wittig J.H., Stark J. et al. Intraoperative mapping of atrial activation before, during, and after the Mustard operation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1977; 73 (1): 1–13
41. Fishberger S.B., Asnes J.D., Rollinson N.L. et al. Percutaneous right ventricular support during catheter ablation of intra-atrial reentrant tachycardia in an adult with a mustard baffle – a novel use of the Impella device. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2010; 29 (1): 69–72. DOI: 10.1007/s10840-010-9478-4
42. Khairy P., Van Hare G.F. Catheter ablation in transposition of the great arteries with Mustard or Senning baffles. *Heart Rhythm.* 2009; 6 (2): 283–9. DOI: 10.1016/j.hrthm.2008.11.022
43. Zrenner B., Dong J., Schreieck J. et al. Delineation of intra-atrial reentrant tachycardia circuits after mustard operation for transposition of the great arteries using biatrial electroanatomic mapping and entrainment mapping. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2003; 14 (12): 1302–10. DOI: 10.1046/j.1540-8167.2003.03292.x
44. Lukac P., Pedersen A.K., Mortensen P.T. et al. Ablation of atrial tachycardia after surgery for congenital and acquired heart disease using an electroanatomic mapping system: which circuits to expect in which substrate? *Heart Rhythm.* 2005; 2 (1): 64–72. DOI: 10.1016/j.hrthm.2004.10.034
45. Dong J., Zrenner B., Schreieck J., Schmitt C. Necessity for biatrial ablation to achieve bidirectional cavotricuspid isthmus conduction block in a patient following Senning operation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2004; 15 (8): 945–9. DOI: 10.1046/j.1540-8167.2004.03628.x
46. Balaji S., Stajduhar K.C., Zarraga I.G., Kron J. Simplified demonstration of cavotricuspid isthmus block after catheter ablation in patients after Mustard's operation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2009; 32 (10): 1294–8. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2009.02491.x
47. Perry J.C., Boramanand N.K., Ing F.F. “Transseptal” technique through atrial baffles for 3-dimensional mapping and ablation of atrial tachycardia in patients with d-transposition of the great arteries. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2003; 9 (3): 365–9. DOI: 10.1023/a:1027499512211
48. Esch J.J., Triedman J.K., Cecchin F. et al. Radiofrequency-assisted transseptal perforation for electrophysiology procedures in children and adults with repaired congenital heart disease. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2013; 36 (5): 607–11. DOI: 10.1111/pace.12092
49. Ernst S., Babu-Narayan S.V., Keegan J. et al. Remote-controlled magnetic navigation and ablation with 3D image integration as an alternative approach in patients with intra-atrial baffle anatomy. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2012; 5 (1): 131–9. DOI: 10.1161/CIRCEP.111.962993
50. Jongbloed M.R., Kelder T.P., DEN Uijl D.W. et al. Anatomical perspective on radiofrequency ablation of AV nodal reentry tachycardia after Mustard correction for transposition of the great arteries. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2012; 35 (10): e287–90. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2010.02928.x

Поступила 03.11.2022

Принята к печати 06.03.2023