

© З.Ф. ФАТУЛАЕВ, 2020

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2020

УДК 616.125.3:611-089

DOI: 10.15275/annaritmol.2020.4.2

## ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ И АРИТМОГЕННЫХ ЗОН ПРАВОГО ПРЕДСЕРДИЯ

*Тип статьи: обзорная статья*

**З.Ф. Фатулаев**

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

Фатулаев Замик Фахрудинович, канд. мед. наук, вед. науч. сотр.; orcid.org/0000-0001-9279-0596, e-mail: zamik.fatulaev.79@mail.ru

*Правое предсердие является важной аритмогенной зоной сердца. Воздействия в правом предсердии выполняются при хирургической коррекции трепетания, а также фибрилляции предсердий как часть операции «Лабиринт». В правом предсердии находятся синусный и атриовентрикулярный узлы. Точное знание хирургической анатомии правого предсердия позволяет избежать их повреждения при выполнении хирургических вмешательств. Основными отделами правого предсердия являются тело предсердия, синус полых вен, пограничный гребень, ушко правого предсердия и кавотрикуспидальный перешеек. К аритмогенным зонам правого предсердия относят пограничный гребень, коронарный синус, зону атриовентрикулярного узла, ушко правого предсердия, кавотрикуспидальный перешеек. Пограничный гребень может быть разной протяженности и степени выраженности. Различные варианты формы и геометрии пограничного гребня могут предрасполагать к развитию нарушений ритма. Избыточная трабекулярность гребенчатых мышц является еще одним предрасполагающим фактором, приводящим к развитию трепетания предсердий. Кавотрикуспидальный перешеек, расположенный между устьем нижней поллой вены и фиброзным кольцом трикуспидального клапана, является непосредственной точкой приложения при лечении трепетания предсердия. Подробная предоперационная диагностика и знание анатомических особенностей каждого больного позволяют избежать технических трудностей, которые могут возникнуть на интраоперационном этапе.*

*Ключевые слова: правое предсердие, кавотрикуспидальный перешеек, пограничный гребень.*

## SURGICAL ANATOMY OF ARRHYTHMOGENIC ZONES OF RIGHT ATRIUM

**Z.F. Fatulaev**

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

Zamik F. Fatulaev, Cand. Med. Sc., Leading Researcher; orcid.org/0000-0001-9279-0596, e-mail: zamik.fatulaev.79@mail.ru

*The right atrium is an important arrhythmogenic area of the heart. The right atrium is effected in the surgical correction of atrial flutter and fibrillation as part of the 'Cox Maze procedure'. The sinus and atrioventricular nodes are located in the right atrium and an accurate knowledge of the surgical anatomy of the right atrium allows to avoid injuring them during surgical interventions. The main compartments of the right atrium are the atrial body, sinus of venae cavae, terminal crest, right atrial appendage and cavotricuspid isthmus. The arrhythmogenic areas of the right atrium include the terminal crest, coronary sinus, atrioventricular node area, right atrium appendage and cavotricuspid isthmus. The terminal crest can be of various lengths and degrees of manifestation. The development of atrial flutter in patients can depend on the shape and geometry of the terminal crest and directly depends on dimensions of the right atrium. The excessive trabecularity of pectineal muscles is another predisposing factor leading to the development of atrial flutter. The cavotricuspid isthmus located between the inferior vena cava orifice and fibrous ring of the tricuspid valve is*

*the direct point of application in the treatment of atrial flutter. Detailed preoperative diagnostics and knowledge of anatomical peculiarities of each patient allows to avoid technical difficulties that can occur in the intraoperative phase.*

*Keywords: right atrium, cavotricuspid isthmus, terminal crest.*

Значительное увеличение знаний о патогенезе нарушений ритма, их взаимосвязи с анатомическими структурами сердца, а также стремительное совершенствование техник хирургической и эндоваскулярной коррекции аритмий делают необходимым детальное знание хирургической анатомии сердца врачами не только хирургического, но и терапевтического профиля. Возрождение интереса к анатомии сердца с целью лучшего понимания анатомических особенностей внутрисердечного субстрата аритмий явилось стимулом к началу новых исследований, направленных на изучение уже известных структур сердца с помощью всего арсенала современных методов исследования.

Правое предсердие играет важную роль с точки зрения возникновения нарушений ритма. В правом предсердии находятся синусный и атриовентрикулярный узлы, а также могут локализоваться очаги трепетания, фибрилляции предсердий и других наджелудочковых аритмий. Правое предсердие собирает венозную кровь за счет впадения в него верхней, нижней полых вен



Рис. 1. Интраоперационное фото: ушко правого предсердия (обозначено стрелкой), вид снаружи

и коронарного синуса. С позиции анатомии в правом предсердии можно выделить несколько основных отделов: тело предсердия, синус полых вен, пограничный гребень, ушко правого предсердия и кавотрикуспидальный перешеек. Дно предсердия представлено трикуспидальным клапаном. Снаружи обращает на себя внимание крупное, треугольной формы ушко, вытянутое в продольном направлении (рис. 1). На внутренней поверхности ушка имеются гребенчатые мышцы, отходящие от пограничного гребня (рис. 2). Пограничный гребень сверху формирует мышечный пучок, который окаймляет вход в верхнюю полую вену. Этот мышечный пучок называется «сагиттальный тяж» [1–4].

По данным ряда авторов, высокая трабекулярность гребенчатых мышц может способствовать неравномерному распространению электрического импульса по миокарду и формированию кругов реентри. Таким образом, у пациентов с высокой трабекулярностью гребенчатых мышц имеется предрасположенность к развитию предсердных аритмий [5–7].

В исследовании, проведенном A.U. Siddiqui et al., оценивались особенности анатомии правого предсердия на примере 150 сердец. В результате анализа авторами выделено шесть типов гребенчатых мышц правого предсердия:

– 1-й тип – гребенчатые мышцы ориентированы перпендикулярно по отношению к

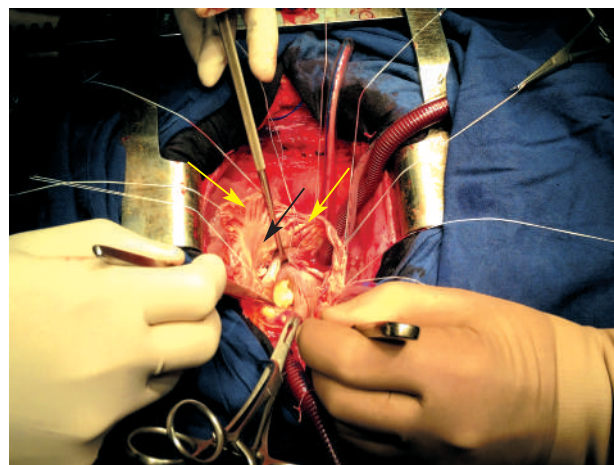


Рис. 2. Интраоперационное фото: правое предсердие при коррекции митрального стеноза, вид изнутри (пограничный гребень обозначен черной стрелкой, гребенчатые мышцы – желтыми стрелками)

пограничному гребню, с равным расстоянием между ними;

- 2-й тип – гребенчатые мышцы ориентированы параллельно по отношению к пограничному гребню, с равным расстоянием между ними;
- 3-й тип – сочетание 1-го и 2-го типов;
- 4-й тип – ветвящиеся гребенчатые мышцы;
- 5-й тип – гребенчатые мышцы, переплетающиеся в случайном, неорганизованном порядке;
- 6-й тип – крупные мышечные пучки, выступающие над внутренней поверхностью предсердия [8].

Среди структур правого предсердия наиболее частым источником аритмий является пограничный гребень. К другим потенциально аритмогенным зонам правого предсердия относят коронарный синус, зону атриоventрикулярного узла, ушко правого предсердия, кавотрикуспидальный перешеек. Кроме того, согласно наблюдениям электрофизиологов, заднелатеральная стенка правого предсердия, содержащая пограничный гребень, синус полых вен и кавотрикуспидальный перешеек, является субстратом для формирования кругов макро- и микрореентри. Таким образом, вышеперечисленные структуры служат точками приложения хирургического или эндоваскулярного воздействия при лечении аритмии [9].

Правое предсердие является зоной возникновения второй по распространенности аритмии – трепетания предсердий, уступающей по частоте встречаемости лишь фибрилляции предсердий. После того как N.A. Jolly и W.T. Ritchie впервые зарегистрировали приступ трепетания предсердий в 1910 г., было проведено большое количество исследований, направленных на изучение механизмов данной аритмии [10]. А в 1921 г. британский кардиолог из Кардиффского университета Т. Lewis первым описал механизмы трепетания предсердий. В своих исследованиях автор сделал вывод о возникновении кругов реентри вокруг устьев полых вен [11, 12].

Кроме того, зоной однонаправленного блока при возникновении трепетания предсердий являлся кавотрикуспидальный перешеек [13]. Из работ M.S. Spach и M.E. Josephson известно, что скорость проведения электрического импульса при его перпендикулярной направленности по отношению к мышечным волокнам меньше, чем при продольной. Подобные различия могут быть основой для формирования кругов реентри и тем самым предрасполагать к развитию аритмии у пациента [14].

Несмотря на очевидную вовлеченность данного участка в аритмогенез, его анатомия требует детального описания.

*Пограничный гребень* представляет собой мышечный тяж С-образной формы, исходящий из переднелатеральной стенки правого предсердия и тянущийся по направлению к нижней полой вене. Длина его варьирует от 42 до 51 мм [6]. Снаружи линия, соответствующая ходу пограничного гребня и нередко заполненная жировой тканью, называется пограничной бороздой. Сам пограничный гребень является важным анатомическим ориентиром в правом предсердии в связи с его близким расположением к синусному узлу. Пограничный гребень может быть различной протяженности и степени выраженности – от значительно выступающего над внутренней поверхностью тяжа до едва различимого в отдельных случаях.

Согласно классификации A.U. Siddiqui et al., различают:

- слабовыраженный пограничный гребень;
- пограничный гребень, представленный одним мышечным стволом;
- пограничный гребень, представленный несколькими мышечными стволами [8].

В отдельных случаях может возникнуть необходимость проведения дифференциальной диагностики анатомически хорошо выраженного пограничного гребня с тромбом, вегетациями или объемным образованием [15, 16].

Особую анатомическую значимость пограничному гребню также придает близкое расположение артерии синусного узла.

Пограничный гребень отделяет гладкую венозную часть правого предсердия от неровной стенки его ушка, представленной гребенчатыми мышцами, связанными с ним. Таким образом, он играет роль естественного барьера для проводящей системы сердца. Кардиомиоциты пограничного гребня расположены вдоль его продольной оси, что соответствует направлению распространения импульса, генерируемого в синусном узле. С другой стороны кардиомиоциты межкаваальной зоны вне пограничного гребня имеют косое направление хода. Столь резкое изменение хода волокон является значимым субстратом для формирования кругов реентри. Таким образом можно объяснить развитие типичной формы трепетания предсердий у пациентов без структурной патологии сердца [17]. По мнению N. Saoudi et al., развитие аритмии у пациентов может зависеть от формы и геометрии по-

граничного гребня, а также напрямую зависит от размеров правого предсердия [18].

*Сухожилие Тодаро* представляет собой сухожильный тяж, отходящий от евстахиевого бугорка нижней полой вены, и было названо в честь описавшего его итальянского анатома Франческо Тодаро. Сухожилие Тодаро является частью *треугольника Коха* – важного ориентира для определения локализации атриовентрикулярного узла. Границами треугольника Коха служат септальная створка трикуспидального клапана, устье коронарного синуса и сухожилие Тодаро [19–21].

*Кавотрикуспидальный перешеек (истмус)* представляет собой участок правого предсердия, расположенный между устьем нижней полой вены и фиброзным кольцом трикуспидального клапана, и является важной структурой при малоинвазивном хирургическом лечении трепетания предсердий.

При более детальной оценке хирургической анатомии истмуса можно отметить, что он занимает нижнюю часть предсердия, при этом кпереди от него проходит линия фиброзного кольца трикуспидального клапана, а задней границей истмуса является заслонка Евстахия. Коронарный синус располагается по отношению к истмусу верхнемедиально, а конечные разветвления пограничного гребня – заднелатерально [22].

В хирургической анатомии кавотрикуспидального перешейка выделяют три части: парастермальную, нижнюю и нижнелатеральную.

Парасептальная часть (ее часто называют септальной) находится между устьем коронарного синуса и трикуспидальным клапаном. Она формирует основание треугольника Коха и находится в непосредственной близости от атриовентрикулярного узла. Парасептальная часть является самой короткой из всех частей истмуса. При этом она имеет самую толстую стенку, толщина которой варьирует от 2 до 7 мм. Нередко она используется для аблации «медленных путей» при атриовентрикулярной узловой реэнтритической тахикардии [22, 23].

Нижняя часть (ее часто называют центральной частью в связи с расположением между двумя другими частями истмуса) является одной из наиболее оптимальных мишеней для линейной аблации типичной формы трепетания предсердий, так как обладает наименьшей толщиной стенки. В связи с дилатацией правого предсердия при постоянной форме трепетания предсердий протяженность данной зоны также увеличивается [24]. Как известно, все три части правого

перешейка имеют общую переднюю часть, именуемую вестибулом правого предсердия. Расстояние от эндокардиальной поверхности вестибула до правой коронарной артерии колеблется от 2 до 11 мм. Задняя часть правого перешейка, прилегающая к клапану Евстахия, представлена преимущественно фиброзной и жировой тканью [22].

В связи с близким расположением правой коронарной артерии существует потенциальный риск ее повреждения при выполнении аблации. Острая окклюзия коронарной артерии является редким, но жизнеугрожающим осложнением радиочастотной аблации. Механизмами, вызывающими повреждение артериальной стенки, могут быть отек стенки артерии, спазм, тромбоз, повреждение или разрыв бляшки в просвете коронарной артерии. N. Funayama et al. представлен случай выполнения радиочастотной аблации у пациента 69 лет с истмусзависимым трепетанием предсердий, а также фибрилляцией предсердий. После проведения аблации правого перешейка и устьев легочных вен пациент был доставлен в палату. В палате у больного внезапно развился приступ фибрилляции желудочков, который был дефибриллирован. На электрокардиограмме отмечается депрессия сегмента ST по нижней стенке. Эхокардиография показала гипокинез миокарда, кровоснабжаемого бассейном правой коронарной артерии. При выполнении коронарографии определена окклюзия устья коронарной артерии. Хирургами был извлечен небольшой тромб. Последующие баллонная дилатация и потребовавшееся стентирование привели к восстановлению кровотока и улучшению состояния больного. Таким образом, несмотря на редкую встречаемость, случаи повреждения коронарной артерии при аблации представляют большую опасность для жизни больного [25].

Размеры кавотрикуспидального перешейка варьируют в различные фазы сердечного цикла. При этом его плоскостная конфигурация также меняется при сокращении предсердия. В рамках предоперационной подготовки кавотрикуспидальный перешеек возможно оценить с помощью компьютерной и магнитно-резонансной томографии, зондирования полостей сердца, трансторакальной, чреспищеводной, внутрисердечной эхокардиографии.

F.G. Cosio et al. были одними из первых, кто доказал вовлеченность кавотрикуспидального перешейка и выполнил его аблацию. Путем

эндокардиального картирования авторы установили, что типичная форма трепетания предсердий обусловлена формированием круга реентри в правом предсердии, в зоне, окружающей нижнюю полую вену. Согласно предположению авторов, абляция участка между нижней полую вену и трикуспидальным клапаном приведет к устранению реентри и нормализации ритма. Для подтверждения данной теории авторы выполнили радиочастотную абляцию кавотрикуспидального перешейка у 9 пациентов с трепетанием предсердий. Абляция привела к восстановлению ритма у всех пациентов. Таким образом была клинически подтверждена гипотеза о ключевом значении кавотрикуспидального перешейка при трепетании предсердий и необходимости его абляции, что открыло новые перспективы в лечении пациентов [26]. С тех пор абляция кавотрикуспидального перешейка стала операцией выбора при лечении больных с трепетанием предсердий. Несмотря на высокий уровень эффективности операции и небольшое число осложнений, абляция кавотрикуспидального перешейка может вызывать определенные трудности в случае его сложной анатомии. По данным различных исследований, включающих эхокардиографию, зондирование полостей сердца, анатомия правого перешейка может сильно варьировать. Пациентам с коротким и прямым перешейком требуется меньшее время воздействия и, соответственно, меньшее время рентгенологического облучения для достижения результата.

Как известно, сама структура мышечной ткани кавотрикуспидального перешейка может варьировать. При аутопсии сердец пациентов, не страдающих аритмией, была выявлена различная трабекулярность мышечной ткани зоны истмуса и ее неоднородность [27]. Аналогичные данные получены в исследовании, посвященном изучению анатомических особенностей кавотрикуспидального перешейка с помощью внутрисердечной трехмерной эхокардиографии [28]. На основании данных 3D-эхокардиографии все пациенты были разделены на две группы. В первой группе у пациентов наблюдалась гладкая структура перешейка, у пациентов второй группы перешеек имел неровную, бугристую поверхность. По мнению авторов, особенности анатомии перешейка могут влиять на процедуру абляции. В частности, некоторые затруднения в достижении двунаправленного блока в зоне истмуса могут быть связаны с избыточ-

ной толщиной миокарда этой области или отеком, вызванным самой процедурой абляции. Отек тканей препятствует некрозу кардиомиоцитов глубоких слоев миокарда, что снижает эффективность процедуры радиочастотной абляции [29]. На основании полученных данных авторами сделан вывод о высокой эффективности внутрисердечной трехмерной эхокардиографии в предоперационном обследовании больных, позволяющей четко визуализировать анатомические детали и особенности строения исследуемой зоны. В отношении кавотрикуспидального перешейка данный метод позволил авторам оценить структуру эндокардиальной поверхности зоны истмуса, наличие различных углублений, карманов, характер трабекулярности, а также расположение катетера для радиочастотной абляции внутри сердца непосредственно во время проведения процедуры. Однако ввиду высокой стоимости данного метода его рутинное использование может быть затруднительно. Авторы рекомендуют использовать внутрисердечную трехмерную эхокардиографию в отдельных случаях резистентного трепетания предсердий, что может способствовать успешному оперативному лечению.

Считается, что тремя основными анатомическими элементами, затрудняющими абляцию, являются: субевстахийев синус, гребенчатые мышцы, евстахийевы заслонка и бугорок. Нередко оказывают влияние анатомические особенности миокарда правого предсердия, в частности толщина миокарда, характер трабекулярности и пространственной ориентации мышечных волокон. В большинстве случаев наличие подобных анатомических сложностей обнаруживается непосредственно во время абляции [21].

*Субевстахийев синус* (синус Кейта, субтебезиев синус) представляет собой углубление в нижней части истмуса несколько латеральнее устья коронарного синуса. В отдельных случаях он может быть очень крупным или аневризматическим. Сложности в создании блока при проведении линии абляции по направлению к нижней полую вену свидетельствуют о глубоком синусе Кейта. В таких случаях для решения данной проблемы необходимо сместить линию абляции несколько латеральнее [30, 31].

При диагностике с помощью компьютерной томографии глубокий синус Кейта (более 5 мм) обнаруживался у 45% здоровых обследуемых [32].

*Гребенчатые мышцы.* В случае, когда линия абляции проходит над хорошо выраженными

гребенчатыми мышцами, вероятность достижения трансмуральности снижается пропорционально толщине гребенчатой мышцы. В то же время глубокие воздействия, выполненные вдоль тонкой стенки предсердия, увеличивают вероятность перфорации или повреждения правой коронарной артерии.

*Заслонка (клапан) Евстахия*, как правило, представляет собой тонкий полулунный клапан различной степени выраженности, прикрывающий устье нижней полой вены. Свободный край заслонки обычно вогнут. При наличии крупной евстахиевой заслонки доступ к задней части истмуса затрудняется [33–35].

*Евстахиев бугорок* представляет собой возвышение, разделяющее кавотрикуспидальный перешеек на две части — переднюю и заднюю. Ярко выраженный евстахиев бугорок может вызывать сложности при достижении двунаправленного блока в ходе проведения аблации. В работе J.Y. Chen et al. проведен анализ морфологических особенностей евстахиева бугорка и кавотрикуспидального перешейка в рамках предоперационного обследования пациентов с трепетанием предсердий с помощью двухмерной эхокардиографии. По мнению авторов, крупный евстахиев бугорок, определяемый при эхокардиографии, является важным предиктором сложностей при проведении аблации, что требует выбора более агрессивного подхода при ее выполнении [36].

В связи с этим вероятность наличия ряда анатомических трудностей, в большинстве случаев обнаруживаемых непосредственно во время выполнения операции, может не только увеличить продолжительность операции, но и повлиять на ее эффективность. Несомненно, на успех лечения пациентов с трепетанием предсердий влияют помимо особенностей анатомии пациента также и электрофизиологические особенности самой аритмии, характер сопутствующей патологии, выбор метода аблации и инструментов для ее проведения, а также мастерство и опыт оперирующего хирурга [37].

Таким образом, подробные знания анатомии аритмогенных зон правого предсердия дают возможность кардиологу, практикующему хирургу или электрофизиологу улучшить свои познания в механизмах аритмий, а также спрогнозировать течение операции и повысить эффективность проводимого лечения. Предоперационная оценка анатомических особенностей аритмогенных зон правого предсердия позволяет не только

оценить морфологию исследуемых структур у определенного больного, но и предсказать течение операционного этапа, тем самым уменьшив число возможных осложнений [38, 39].

### Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

### Библиографический список [References]

1. Frescura C., Ho S.Y., Giordano M., Thiene G. Isomerism of the atrial appendages: morphology and terminology. *Cardiovasc. Pathol.* 2020; 47: 107205. DOI: 10.1016/j.carpath.2020.107205
2. Nemes A., Havasi K., Sággy L. et al. Echocardiographic evaluation of the right atrial appendage and its clinical consequences. *Orvosi Hetilap.* 2019; 160 (12).
3. Muresan L., Le Bouar R., Schiau S. et al. What is the mechanism of this post ablation atrial flutter "recurrence"? *J. Electrocardiol.* 2020; 60: 110–3. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2020.03.005
4. Loukas M., Tubbs R.S., Tongson J.M. et al. The clinical anatomy of the crista terminalis, pectinate muscles and the teniae sagittalis. *Ann. Anat.* 2008; 190 (1): 81–7.
5. Klimek-Piotrowska W., Holda M.K., Koziej M. et al. Clinical anatomy of the cavotricuspid isthmus and terminal crest. *PLoS One.* 2016; 11 (9): e0163383. DOI: 10.1371/journal.pone.0163383
6. Sanchez-Quintana D., Anderson R.H., Cabrera J.A. et al. The terminal crest: morphological features relevant to electrophysiology. *Heart.* 2002; 88 (4): 406–11. DOI: 10.1136/heart.88.4.406
7. Pérez W., Méndez V., Vazquez N. et al. Gross anatomy of the heart of the alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758). *Anat. Histol. Embryol.* 2018; 47 (2): 110–8. DOI: 10.1111/ah.12327
8. Siddiqui A.U., Daimi S.R.H., Gandhi K.R. et al. Crista terminalis, muscoli pectinati, and taenia sagittalis: anatomical observations and applied significance. *Intern. Schol. Res. Notic.* 2013; 2013: 448–62. DOI: 10.5402/2013/803853
9. Matsuyama T.A., Inoue S., Kobayashi Y. et al. Anatomical diversity and age-related histological changes in the human right atrial posterolateral wall. *Europace.* 2004; 6 (4): 307–15. DOI: 10.1016/j.eupc.2004.03.011
10. Jolly N.A., Ritchie W.T. Auricular flutter and fibrillation. *Heart.* 1910; 2: 177.
11. Lewis T., Drury A.N., Iliesc T.T. A demonstration of circus movement in clinical flutter of the auricles. *Heart.* 1921; 8: 341.
12. Cabrera O.A., Sanchez-Quintana D., Ho S.Y. et al. The architecture of the atrial musculature between the orifice of the inferior caval vein and the tricuspid valve: the anatomy of the isthmus. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 1998; 9 (2): 1186–95.
13. Cosío F.G. Atrial flutter, typical and atypical: a review. *Arrhythm. Electrophysiol. Rev.* 2017; 6 (2): 55–62. DOI: 10.15420/aer.2017.5.2
14. Spach M.S., Josephson M.E. Initiating reentry: the role of nonuniform anisotropy in small circuits. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 1994; 5 (2): 182–209. DOI: 10.1111/j.1540-8167.1994.tb01157.x
15. Salustri A., Bakir S., Sana A., Lange P., Al Mahmeed W.A. Prominent crista terminalis mimicking a right atrial mass: case report. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2010; 8 (1): 47. DOI: 10.1186/1476-7120-8-47
16. D'Amato N., Pierfelice O., D'Agostino C. Crista terminalis bridge: a rare variant mimicking right atrial mass. *Eur. J. Echocardiogr.* 2009; 10 (3): 444–5. DOI: 10.1093/ejehocardi/jen316

17. Becker R., Bauer A., Metz S. et al. Intercaval block in normal canine hearts role of the terminal crest. *Circulation*. 2001; 103 (20): 2521–6.
18. Saoudi N., Ercyies D., Anselme F. Why do patients develop atrial flutter? Is this crista terminalis geometry? *Pac. Clin. Electrophysiol*. 2009; 32 (7): 866–7.
19. Kucybała I., Ciuk K., Klimek-Piotrowska W. Clinical anatomy of human heart atria and interatrial septum – anatomical basis for interventional cardiologists and electrocardiologists. Part 1: right atrium and interatrial septum. *Kardiol. Pol.* 2018; 76 (3): 499–509. DOI: 10.5603/KPa.2017.0248
20. Anderson R.H., Spicer D.E., Hlavacek A.M., Cook A.C., Backer C.L. Wilcox's surgical anatomy of the heart. 4th ed. Cambridge University Press; 2013.
21. Sánchez-Quintana D., Doblado-Calatrava M., Cabrera J.A. et al. Anatomical basis for the cardiac interventional electrophysiologist. *Biomed. Res. Int.* 2015; 2015: 547364. DOI: 10.1155/2015/547364
22. Faletta F.F., Ho S.Y., Auricchio A. Anatomy of right atrial structures by real-time 3D transesophageal echocardiography. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2010; 3 (9): 966–75. DOI: 10.1016/j.jcmg.2010.03.014
23. Anderson R.H., Sanchez-Quintana D., Mori S. et al. Re-evaluation of the structure of the atrioventricular node and its connections with the atrium. *Europace*. 2020; 22 (5): 821–30. DOI: 10.1093/europace/euaa031
24. Da Costa A., Mourot S., Romeyer-Bouchard C. et al. Anatomic and electrophysiological differences between chronic and paroxysmal forms of common atrial flutter and comparison with controls: an observational study. *Pac. Clin. Electrophysiol*. 2004; 27 (9): 1202–11.
25. Funayama N., Konishi T., Yamamoto T., Sakurai S. Acute right coronary artery occlusion after radiofrequency catheter ablation of cavotricuspid isthmus: vascular response assessed by optical frequency domain imaging. *Heart Rhythm Case Reports*. 2017; 3 (10): 496–8.
26. Cosio F.G., Lopez-Gil M., Goicolea A., Arribas F., Barroso J.L. Radiofrequency ablation of the inferior vena cava – tricuspid valve isthmus in common atrial flutter. *Am. J. Cardiol.* 1993; 71 (8): 705–9.
27. Waki K., Saito T., Becker A.E. Right atrial flutter isthmus revisited: normal anatomy favors nonuniform anisotropic conduction. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2000; 11: 90–4.
28. Scaglione M., Caponi D., Di Donna P. et al. Typical atrial flutter ablation outcome: correlation with isthmus anatomy using intracardiac echo 3D reconstruction. *Europace*. 2004; 6: 407–17.
29. Schwartzman D., Ren J.F., Devine W.A., Callans D.J. Cardiac swelling associated with linear radiofrequency ablation in the atrium. *J. Interv. Card. Electrophysiol*. 2001; 5: 159–66.
30. Ho S.Y., Sanchez-Quintana D. The importance of atrial structure and fibers. *Clin. Anat.* 2009; 22: 52–63.
31. Saremi F., Krishnan S. Cardiac conduction system: anatomic landmarks relevant to interventional electrophysiologic techniques demonstrated with 64-detector CT. *Radiographics*. 2007; 27: 1539–67.
32. Saremi F., Pourzand L., Krishnan S. et al. Right atrial cavotricuspid isthmus: anatomic characterization with multi-detector row CT. *Radiology*. 2008; 247; 3: 658–66.
33. Cabrera J.A., Sanchez-Quintana D., Farré J., Rubio J.M., Siew Y.H. The inferior right atrial isthmus: further architectural insights for current and coming ablation technologies. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2005; 16 (4): 402–8.
34. Heidbüchel H., Willems R., Van Rensburg H. et al. Right atrial angiographic evaluation of the posterior isthmus: relevance for ablation of typical atrial flutter. *Circulation*. 2000; 101 (18): 2178–84. DOI: 10.1161/01.cir.101.18.2178
35. Marcos-Alberca P., Sanchez-Quintana D., Cabrera J.A. et al. Two-dimensional echocardiographic features of the inferior right atrial isthmus: the role of vestibular thickness in catheter ablation of atrial flutter. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2014; 15 (1): 32–40. DOI: 10.1093/ehjci/jet112
36. Chen J.Y., Lin K.H., Liou Y.M. et al. Usefulness of pre-procedure cavotricuspid isthmus imaging by modified transthoracic echocardiography for predicting outcome of isthmus-dependent atrial flutter ablation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2011; 24 (10): 1148–55.
37. Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д. Изменения в сердце при фибрилляции предсердий. Часть I. Кардиомиопатия фибрилляции предсердий: новые дилеммы и старые проблемы. *Анналы аритмологии*. 2016; 13 (3): 138–47. DOI: 10.15275/annaritmol.2016.3.2  
[Bockeria L.A., Shengeliya L.D. Changes in the heart associated with atrial fibrillation. Part I. Cardiopathy of atrial fibrillation: new dilemmas and old problems. *Annals of Arrhythmology*. 2016; 13 (3): 138–47 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2016.3.2]
38. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Фатулаев З.Ф. и др. Отдаленные результаты хирургической коррекции аритмогенной клапанной недостаточности при операции «Лабиринт ППБ». *Анналы аритмологии*. 2018; 15 (2): 84–91. DOI: 10.15275/annaritmol.2018.2.2  
[Bockeria L.A., Bockeria O.L., Fatulaev Z.F. et al. Long-term results of surgical treatment of arrhythmogenic valvular regurgitation using Maze IIIB procedure. *Annals of Arrhythmology*. 2018; 15 (2): 84–91 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2018.2.2]
39. Zimetbaum P. Atrial fibrillation. *Ann. Intern. Med.* 2017; 166 (5): ITC33–48. DOI: 10.7326/AITC201703070

Поступила 14.10.2020

Принята к печати 24.10.2020