



УДК 611.142: 616.127-002:616.12-089

DOI 10.17802/2306-1278-2023-12-2-96-106

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНОЗНОЙ СИСТЕМЫ СЕРДЦА, ЗНАЧИМЫЕ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВОГО ЭЛЕКТРОДА: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР И СОБСТВЕННЫЙ ОПЫТ

О.Л. Дубровин¹, С.Е. Мамчур², П.Л. Шугаев¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Челябинск), пр. Героя России Родионова Е.Н., 2, Челябинск, Российская Федерация, 454103; ² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

• В статье описаны и систематизированы встречающиеся в литературе анатомические варианты и аномалии венозной системы сердца. Предложена клинко-анатомо-рентгенологическая классификация аномалий венозной системы сердца, имеющая практическое значение при имплантации левожелудочкового электрода и охватывающая многообразие клинически значимых аномалий вен сердца.

Резюме

По мере развития ресинхронизирующей терапии, в рамках которой активно используют вены сердца для проведения и позиционирования левожелудочкового электрода, многократно возрастает значение изучения анатомии венозной системы сердца. Анатомия венозной системы сердца отличается гораздо большей вариабельностью, чем артериальная, что делает ее более сложной. В статье проанализированы современные подходы к описанию и номенклатуре нормальной анатомии вен сердца, а также систематизированы описанные в литературе и встретившиеся в собственной клинической практике анатомические особенности вен сердца, имеющие клиническое значение при имплантации левожелудочкового электрода. Также описаны применяемые в мировой практике технические приемы и инструменты для преодоления каждого из вариантов анатомических трудностей при имплантации левожелудочкового электрода. Как результат, предложена клинко-анатомическая рентгеноскопическая классификация патологических вариантов венозной системы сердца.

Ключевые слова

Венозная система сердца • Ресинхронизирующая терапия • Сердечная недостаточность • Левожелудочковый электрод

Поступила в редакцию: 01.02.2023; поступила после доработки: 06.04.2023; принята к печати: 20.05.2023

ANATOMICAL FEATURES OF THE CARDIAC VENOUS SYSTEM, SIGNIFICANT FOR THE LEFT VENTRICULAR LEAD PLACEMENT: LITERATURE REVIEW AND EXPERIENCE

O.L. Dubrovin¹, S.E. Mamchur², P.L. Shugaev¹

¹ Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2, Hero of Russia E.N. Rodionov Ave., Chelyabinsk, Russian Federation, 454103; ² Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosonoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

• The article is a comprehensive literature review on anatomical variations and anomalies of cardiac veins. A classification of coronary venous anatomy and anomalies detailing clinical, anatomical and radiological features is proposed. Developing such classification is important for the field of left ventricular lead placement, as it would cover a variety of clinically significant anomalies of cardiac veins.

Для корреспонденции: Олег Леонидович Дубровин, DOLDubrovin@gmail.com; адрес: пр. Героя России Родионова Е.Н., 2, Челябинск, Российская Федерация, 454103

Corresponding author: Oleg L. Dubrovin, DOLDubrovin@gmail.com; address: 2, Rodionov Hero of Russia Ave., Chelyabinsk, Russian Federation, 454103

Abstract

With the advancements in the cardiac resynchronization therapy, the role of cardiac vein anatomy has become vital due to the complications associated with poor left ventricle lead placement. The cardiac vein anatomy varies much more than the anatomy of the coronary arteries, thus making cardiac veins much harder to study. In this article we have analyzed different approaches to description and naming of cardiac veins, and have summarized venous anomalies and features described in literature or encountered in real clinical practice. All anatomical features described in the article have a clinical significance in the left ventricle lead placement. Moreover, we have analyzed the wide variety of suggestions to overcoming anatomical obstacles. As a result of the analysis, we have proposed a clinical classification of the coronary venous anomalies and features that can be used during the implantation of cardiac resynchronization therapy devices.

Keywords

Cardiac venous system • Cardiac resynchronization therapy • Heart failure • Left ventricle lead electrode

Received: 01.02.2023; received in revised form: 06.04.2023; accepted: 20.05.2023

Список сокращений

CPT – сердечная ресинхронизирующая терапия

Введение

В современной медицинской теории и практике подробно исследована проблема анатомии, физиологии и патофизиологии артерий сердца. Ишемическая болезнь сердца и ее последствия (нарушения ритма, кардиомиопатии и пр.) играют ведущую роль в смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, часто встречаются в клинической практике кардиолога и сердечно-сосудистого хирурга, при этом венозная система сердца остается «в тени». Так, в литературе крайне мало освещена анатомия вен сердца, хотя венозная система отличается от артериальной большей вариабельностью, что делает ее сложнее в описании. Несмотря на то что в современной медицине четко определено физиологическое значение вен сердца как системы оттока крови с продуктами обмена и углекислым газом от тканей сердца, остаются нерешенными вопросы, связанные с физиологическими нарушениями при патологических изменениях анатомии вен сердца, а также границами адаптации сердца к данным физиологическим нарушениям. Однако ситуация начала меняться с развитием технологии сердечной ресинхронизирующей терапии (CPT), применяемой при лечении пациентов с низкой фракцией выброса на фоне диссинхронии. В соответствии с общепринятой методикой, левожелудочковый электрод для ресинхронизирующей терапии имплантируют в так называемую целевую зону на латеральной стенке левого желудочка. При этом электрод подводят к целевой зоне по венозной системе сердца. В данном контексте многократно возрастает клиническое значение изучения анатомии венозной системы сердца и ее вариантов.

По данным разных авторов, положительное влия-

ние сердечной ресинхронизирующей терапии определено лишь у 50–70% пациентов [1–3]. При этом нерешенной проблемой оценки эффективности CPT остается отсутствие общепринятого критерия отнесения пациента к респондерам CPT. Чаще всего при определении эффективности CPT оценивают симптоматику, фракцию выброса левого желудочка, механическое ремоделирование миокарда левого желудочка [1–3]. Среди факторов, препятствующих эффективной ресинхронизирующей терапии, выделяют предсердно-желудочковую и межжелудочковую задержку (AA-/VV-тайминг), процент желудочковой стимуляции, сопутствующие заболевания (анемия, аритмия), неоптимальную медикаментозную терапию/низкую комплаентность пациента медикаментозной терапии, ресинхронизирующую терапию у больных с исходно узким QRS-комплексом, первичную дисфункцию правого желудочка и неоптимальное положение левожелудочкового электрода [1]. Из всех упомянутых выше факторов наиболее значимыми следует считать положение левожелудочкового электрода, а также предсердно-желудочковую и межжелудочковую задержку [4]. Однако если предсердно-желудочковую и межжелудочковую задержку мы можем настроить в соответствии с особенностями работы проводящей системы пациента в любое время после операции, то оптимальное положение левожелудочкового электрода зависит не только от пожеланий врача и технических возможностей, но и особенностей анатомии венозной системы сердца. В этом контексте становятся очевидными большое клиническое значение венозной системы сердца и необходимость изучения вариабельности ее анатомии.

В настоящей работе предпринята попытка представить целостный взгляд на анатомию вен сердца по данным современной литературы, описать и классифицировать анатомические варианты венозной системы сердца, имеющие важное значение в имплантации левожелудочкового электрода при СРТ. Также с учетом литературы и собственного опыта описаны технические приемы, применяемые для проведения левожелудочкового электрода при различных вариантах анатомии венозной системы сердца.

Проблема оптимальной локализации электродов при СРТ как стимул для изучения венозной системы сердца

Вплоть до настоящего времени разнятся данные литературы относительно оптимального положения левожелудочкового электрода. Конвенционально оптимальной зоной для левожелудочковой стимуляции считают латеральную стенку левого желудочка [5–8]. Данный подход тесно связан с самой концепцией СРТ и современными представлениями о механизме воздействия СРТ на физиологию сокращения сердца. Исторически основополагающим исследованием, давшим толчок к изучению роли диссинхронии в снижении эффективности деятельности сердца, была работа С. Wiggers 1925 г. [9]. Ученый показал, что при внешней стимуляции сердца снижается максимальное значение производной давления по времени (dp/dt , где dp – изменение давления, dt – изменение времени), то есть фактически снижается эффективность насосной функции сердца. При этом именно С. Wiggers и коллеги предположили, что чем больше миокарда отделяет точку стимуляции от волокон Пуркинью, тем сильнее снижается эффективность сокращения сердца.

Позднее, в 1980-х гг., разработана и подробно описана патогенетическая связь блокады левой ножки пучка Гиса со снижением насосной функции сердца [10]. Вкратце патогенетическая цепочка сердечной недостаточности при блокаде левой ножки

пучка Гиса может быть представлена следующим образом: блокада левой ножки пучка Гиса приводит к уменьшению времени наполнения левого желудочка в диастолу (за счет увеличения времени систолы), что ведет к снижению притока крови в левый желудочек и, в соответствии с законом Старлинга, контрактильности миокарда левого желудочка. Это, в свою очередь, приводит к увеличению конечного систолического объема и постепенной дилатации левого желудочка с появлением относительной недостаточности митрального клапана и, как следствие, митральной регургитации. Дилатация левого желудочка усугубляет нарушение проводимости по волокнам пучка Гиса, замыкая, таким образом, круг патогенеза (Circulus Viciosus) развития сердечной недостаточности у пациентов с блокадой левой ножки пучка Гиса, то есть с желудочковой диссинхронией (рис. 1).

Зная патогенез ухудшения сократимости сердца при блокаде левой ножки пучка Гиса, можно определенно обозначить точку приложения СРТ, приводящей к разрыву замкнутого патогенетического круга: это время активации левого желудочка, то есть время систолы. Снизив время систолы, мы увеличим время диастолического наполнения левого желудочка, что, по закону Старлинга, приведет к положительному инотропному эффекту. С течением времени это может привести к ремоделированию миокарда и, если не к нормализации сократимости сердца, то хотя бы к снижению скорости прогрессирования сердечной недостаточности. Если посмотреть на представленные в литературе активационные карты левого желудочка в норме и при блокаде левой ножки пучка Гиса, то становится очевидным, что увеличение времени активации левого желудочка у людей с блокадой левой ножки пучка Гиса происходит в основном за счет латеральной стенки левого желудочка [3].

Таким образом, представляется логичным использовать латеральную стенку левого желудочка в качестве целевой зоны при имплантации левожелудочкового электрода, несмотря на то что на сегодняшний день проблема целевой зоны полностью не решена. Так, среди крупных исследований можно отметить лишь MADIT-CRT, в котором показана нежелательность имплантации левожелудочкового электрода близко к верхушке сердца [11, 12]. В отношении локализации в базальных отделах, а также на диафрагмальной или переднелатеральной стенках левого желудочка доказательных данных недостаточно. Возможно, это связано с тем, что нарушения проводимости в системе левой ножки и волокон Пуркинью в левом желудочке крайне индивидуальны: к примеру, передневерхняя ветвь левой ножки пучка Гиса может быть более сохранна, чем задне-нижняя, и наоборот. В последнее время появляется все больше публикаций, направленных на определение зон наиболее поздней активации (зона макси-

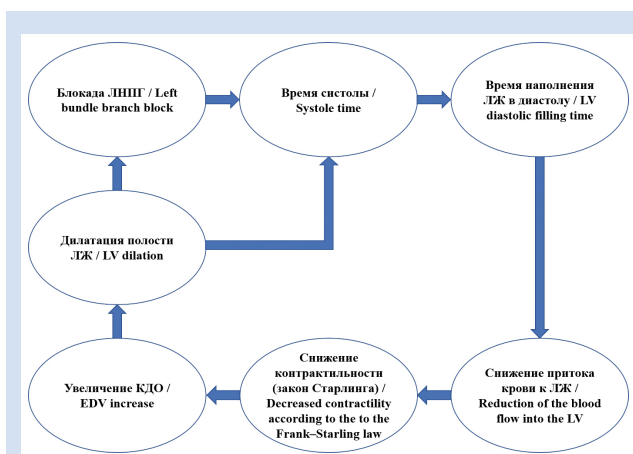


Рисунок 1. Патогенетическая цепочка сердечной недостаточности при блокаде левой ножки пучка Гиса
Figure 1. The pathogenesis of heart failure in case of left bundle branch block

мальной задержки возбуждения) или максимальной механической задержки перед операцией имплантации устройства для СРТ [5, 6, 8, 12]. В соответствии с данными подходами оптимальной зоной для левожелудочкового электрода является область, наиболее близкая к участку миокарда левого желудочка с наиболее поздней активацией/сокращением. Среди методов, позволяющих оценить позднюю зону возбуждения/сокращения миокарда левого желудочка, применяют электрофизиологическое картирование полости левого желудочка и эхокардиографию. Но даже при подобных новаторских подходах зоной выбора чаще всего оказывается именно латеральная стенка левого желудочка, которая при блокаде левой ножки пучка Гиса, как правило, возбуждается наиболее поздно [3]. Кроме того, данные новые подходы к оптимальной зоне не умаляют большого значения венозной системы сердца, по которой в любом случае будет подводиться левожелудочковый электрод к нужной зоне. В практической медицине оптимальную зону имплантации левожелудочкового электрода чаще определяют лишь с помощью рентгеноскопии в двух проекциях: в правой косой проекции она расположена в средней трети расстояния от базальных отделов сердца до верхушки, в левой косой проекции локализована в средней трети левого контура [5, 7]. Угол правой и левой косой проекций определяется индивидуально и зависит от особенностей анатомического положения сердца. По данным литературы [5, 3, 7] и нашей практики, в косых проекциях допустимы углы в 30–60 градусов. При этом в правой косой проекции определяется положение электрода на латеральной стенке левого желудочка в базально-апикальном направлении, а в левой – в переднезаднем.

Целевая зона для левожелудочкового электрода чаще всего соответствует левой латеральной вене сердца, которую считают оптимальной для имплантации левожелудочкового электрода [14–16]. Передне- и заднелатеральную вены рассматривают как субоптимальные. В данные вены электрод допустимо имплантировать при невозможности его имплантации в латеральную вену сердца или при ее отсутствии. В переднюю и среднюю вены сердца электрод имплантировать нежелательно, так как, по некоторым данным, это сопряжено с более высоким процентом нереспондеров [11, 12]. При невозможности имплантации электрода в оптимальную и субоптимальную вену вопрос о дальнейшей тактике является дискуссионным. Ряд авторов предлагают использовать переднюю и заднюю вены сердца [12], другие обсуждают альтернативные варианты. Среди альтернативных методов имплантации левожелудочкового электрода – имплантация электрода эндокардиальным способом с помощью методики пункции межпредсердной или межжелудочковой перегородки, имплантация эпикардиальных электродов [12].

Нормальная анатомия венозной системы сердца, номенклатуры вен сердца

В большинстве случаев при СРТ левожелудочковый электрод имплантируют через венозную систему сердца. При описании венозной системы сердца традиционно выделяют большую и малую вены сердца, идущие к устью коронарного синуса в предсердно-желудочковой борозде и собирающие кровь из левых и правых отделов сердца соответственно [17]. Также в устье коронарного синуса впадает средняя вена сердца, идущая в задней межжелудочковой борозде и дренирующая кровь в основном из межжелудочковой перегородки, в меньшей степени – с задней и диафрагмальной стенок левого желудочка, заднего участка латеральной стенки правого желудочка [17]. Иногда средняя вена сердца может впадать в проксимальную часть большой вены сердца. Большая вена сердца огибает левые отделы по предсердно-желудочковой борозде и является продолжением передней вены сердца, залегающей в передней межжелудочковой борозде [17]. В большую вену сердца дренируются вены с латеральной стенки левого желудочка: переднелатеральная, латеральная и заднелатеральная [14–16]. При этом существуют разночтения в номенклатуре вены, проходящей в задней межжелудочковой борозде. Если, как упоминалось выше, в отечественной анатомической школе и среди специалистов «открытой» хирургии она обозначена как средняя вена сердца, то в среде интервенционных аритмологов и в некоторых иностранных источниках ее называют задней межжелудочковой веной сердца [18]. В некоторых случаях заднелатеральная вена и даже латеральная вена сердца могут впадать, как и средняя вена сердца, в коронарный синус либо в угол, образованный большой и средней венами сердца (рис. 2).

При этом зона забора крови – задненижняя треть латеральной стенки левого желудочка – остается прежней. То есть понятия латеральной вены сердца, задне- и переднелатеральных вен этимологически восходят к области осуществляющегося кровотока (латеральная стенка левого желудочка), передняя и задняя межжелудочковые вены получили наименования исходя из анатомического расположения в передней и задней межжелудочковой бороздах, а названия большой, средней и малой вен сердца отражают их относительный размер. Иногда встречаются большее количество латеральных вен либо мелкие отдельно идущие вены из области латеральной стенки левого желудочка (рассыпной тип) (рис. 3).

Кроме того, вены сердца соединены коллатеральными, которые обычно расположены в дистальных отделах сердца и имеют малый диаметр, но иногда встречаются проксимальные коллатерали между венами сердца, которые могут быть использованы для позиционирования левожелудочкового электрода.

Анатомические особенности вен сердца, обуславливающие трудности имплантации левожелудочкового электрода, и технические приемы, позволяющие успешно позиционировать электрод

В изучении венозной системы сердца вопрос нормы и патологии неоднозначен. Какие варианты считать патологическими – те, которые наносят ущерб функции сердца, или все, которые отклоняются от наиболее частой картины венозной системы сердца? Многие анатомические варианты венозной системы сердца, такие как рассыпной тип кровотока, извитость вен и некоторые другие, не наносят с точки зрения патофизиологии непосредственного ущерба функции сердца, но осложняют или делают невозможной имплантацию левожелудочкового электрода при СРТ, в связи с чем вопрос о норме/патологии данных анатомических вариантов остается дискуссионным. На наш взгляд, наиболее корректно говорить не о венозных патологических аномалиях, а об анатомических вариантах/особенностях, затрудняющих имплантацию левожелудочкового электрода, что подчеркивает клиническое значение данных анатомических вариантов при ресинхронизирующей терапии и нивелирует споры о патофизиологических концепциях нормы/патологии.

Анатомические трудности при имплантации левожелудочкового электрода встречаются часто. Так, по данным литературы, в 5–10% случаев обнаружены анатомические особенности коронарного синуса [12], препятствующие его катетеризации, в 15–30% целевые вены имеют сложную для имплантации левожелудочкового электрода анатомию [12]. Несмотря на высокую частоту встречаемости, в литературе описаны лишь отдельные клинические случаи и серии случаев сложной анатомии венозной системы сердца.

Упомянутые в литературе и встречающиеся в нашей практике анатомические особенности вен сердца, затрудняющие имплантацию левожелудочкового электрода, включают анатомические изменения коронарного синуса, чрезмерно малый или большой диаметр целевой вены, сужение (стеноз) вены в том числе из-за сдавления вены окружающими анатомическими образованиями – мышечным мостиком, соединительнотканной перегородкой, пересекающей артерией, а также острый угол отхождения вены, выраженная извитость вены, рассыпной тип вен.

Анатомические изменения коронарного синуса

Анатомические варианты коронарного синуса – одна из наиболее исследованных в литературе анатомических проблем. Это связано с тем, что необходимость катетеризации коронарного синуса возникла вместе с классической электрофизиологией. Именно через коронарный синус в большую вену сердца вводят диагностический (как правило, десятиполюсный) электрод при эндокардиальном

электрофизиологическом исследовании и радиочастотной абляции – процедурах, широко распространенных в клинической практике гораздо раньше кардиоресинхронизирующей терапии. Те или иные аномалии коронарного синуса встречаются в 5–10% случаев [12, 19, 20]. Анатомия коронарного синуса – единственная группа анатомических изменений вен сердца, которая эпидемиологически изучена на основе секционного материала, а также *in vivo* (при операциях на «открытом» сердце, а также различных методах визуализации: венографии, компьютерной томографии). Коронарный синус дистально продолжает большую вену сердца, а проксимально дренируется в правое предсердие. В области впадения коронарного синуса в правое предсердие присутствует более или менее выраженная заслонка Тебезия, которая может полностью перекрывать устье коронарного синуса, выполняя роль клапана и создавая препятствие для имплантации левожелудочкового электрода [21]. Кроме того, она может иметь сетчатую структуру, что не препятствует кровотоку из венозной системы сердца в правое предсердие, но мешает катетеризации коронарного синуса [21]. Коронарный синус переходит в большую вену сердца условно в области впадения косой вены левого предсердия (вены Маршала), которая идет в толще связки Маршала – облитерированной левой верхней полой вены, которая в некоторых случаях может персистировать [20]. Принято выделять следующие варианты коронарного синуса: атрезия устья коронарного синуса, дилатация коронарного синуса, субтебезиевый карман, высокое отхождение устья коронарного синуса, клапаны коронарного синуса (Тебезия, Виссенса) [20, 21].

Атрезия коронарного синуса может сопровождаться персистирующей левой верхней полой веной или встречаться без персистирующей левой верхней полой вены. При персистирующей левой верхней полой вене отток венозной крови из сердца идет по левой верхней полой вене через безымянную и верхнюю правую вену в полость правого предсердия. При данном варианте для имплантации левожелудочкового электрода возможно использовать левую верхнюю полую вену, по которой электрод проводят в венозную систему сердца и целевую вену [22]. Поскольку левая верхняя полая вена впадает дистально (на границе коронарного синуса и большой вены сердца), то для имплантации в целевую зону левожелудочковый электрод должен быть развернут в дистальном направлении, что может быть осуществлено с помощью модификации конца коронарного проводника либо с помощью субселективного катетера. Кроме того, возможно провести электрод в заднелатеральную вену, если она отходит проксимальнее впадения персистирующей левой верхней полой вены, и затем через коллатераль в целевую вену сердца.

При отсутствии левой верхней полой вены имеется сообщение венозной системы сердца с левым предсердием, куда и осуществляется кровоток. При данном варианте имплантация левожелудочкового электрода через венозную систему сердца невозможна [20]. В таком случае следует рассмотреть вариант эпикардиальной имплантации левожелудочкового электрода или имплантации через пункцию межпредсердной/межжелудочковой перегородки.

Дилатация коронарного синуса также может быть препятствием для имплантации левожелудочкового электрода, приводя к нестабильности системы доставки и возможности ее выталкивания при поступательном проведении электрода. Для стабильного положения системы доставки рекомендовано ее максимально возможное дистальное положение вплоть до устья отхождения целевой вены от большой вены сердца. Также можно использовать субселективный катетер, баллон в качестве анкера, стабилизацию электрода стентом [23–26]. Субтебезиевый карман в меньшей степени влияет на катетеризацию коронарного синуса и продвижение левожелудочкового электрода. Он имеет клиническое значение как потенциальный источник аритмий.

Трудности при катетеризации коронарного синуса также может создать высокое расположение устья коронарного синуса [20]. При ее выполнении по стандартной методике под контролем рентгеноскопии в качестве ориентиров видны лишь контуры сердца, остальные структуры сердца достраиваются хирургом умозрительно, поэтому при высоком расположении устья катетеризация коронарного синуса может быть серьезно затруднена. В качестве решения данной проблемы возможно выполнение коронароангиографии с последующей записью венозной фазы контрастирования, когда могут быть визуализированы вены сердца, в том числе устье коронарного синуса [10, 20, 30].

В коронарном синусе могут быть клапанные

структуры: клапаны Тебезия, Виссенса [19, 20, 27]. Клапан Тебезия – несколько увеличенная в размере тебезиева заслонка, которая начинает исполнять роль клапана, перекрывая устье во время систолы предсердий. Клапан Виссенса встречается на границе коронарного синуса и большой вены сердца. Данные клапаны затрудняют как катетеризацию (клапан Тебезия), так и проведение электрода в большую вену сердца (клапан Виссенса) (рис. 4). Тем не менее наш опыт показывает, что при большом количестве попыток возможно уловить момент открытия клапана и провести катетер/электрод.

Кроме того, при любых трудностях в катетеризации коронарного синуса возможен поиск рудиментарной левой верхней полой вены/вены Маршала, отходящей от левой подключичной вены, что дает возможность имплантации левожелудочкового электрода в случае неуспешной катетеризации коронарного синуса [12, 23].

Малый диаметр целевой вены и локальное сужение вены

Диаметр вены крайне важен. На сегодняшний день минимальный диаметр левожелудочкового электрода составляет 5,7 F (1,9 мм). Если целевая вена или ее участок тоньше данного диаметра, то проведение электрода представляется проблематичным (рис. 5). Если локальное сужение чаще всего можно успешно дилатировать баллоном для ангиопластики [25, 27, 28], то узкую на всем протяжении вену дилатировать рискованно из-за возможной диссекции. Попытки дилатировать протяженные участки вен, по нашему опыту, отнимают много времени, с другой стороны, процент успешного проведения электрода после дилатации протяженного участка вены невысок. Поэтому при узком диаметре протяженного участка целевой вены целесообразно рассмотреть субоптимальные вены и их коллатерали и лишь при их отсутствии делать

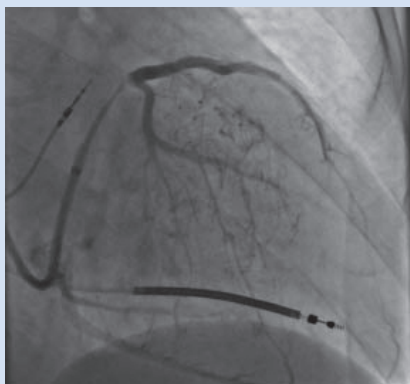


Рисунок 2. Отхождение заднелатеральной вены от угла, образованного большой веной сердца и задней межжелудочковой веной

Figure 2. Posterolateral vein diverging from the angle formed by the great cardiac vein and the middle cardiac vein

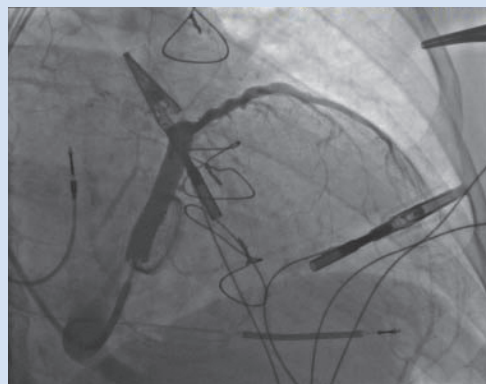


Рисунок 3. Рассыпной тип венооттока от латеральной стенки левого желудочка с отсутствием четко идентифицируемых латеральной, передне- и заднелатеральных вен

Figure 3. Venous outflow from the lateral wall of the left ventricle without clearly identifiable lateral, antero- and posterolateral veins

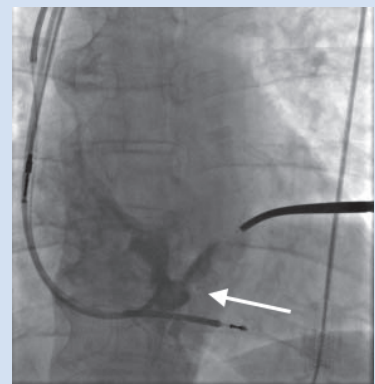


Рисунок 4. Клапан в области коронарного синуса, препятствующий его катетеризации

Figure 4. The valve inside the coronary sinus preventing catheterization

попытки пластики вены баллоном. В литературе отсутствуют данные об эпидемиологии данного анатомического варианта, а также о возможности рентгеноскопической дифференциальной диагностики стенозов вены, вызванных внешними анатомическими образованиями: мышечным мостиком, пересекающей артерией, соединительнотканной перетяжкой. Также нет общепринятого объективного критерия, согласно которому вену можно считать суженной. Исходя из нашего опыта, при диаметре вены менее 6 F (что соответствует толщине большинства левожелудочковых электродов) могут возникнуть проблемы с проведением и позиционированием электрода. Таким образом, введение подобного критерия минимального диаметра (6 F) может быть клинически оправданным для определения термина «стенозированная вена».

Характерным признаком сдавления вены внешним анатомическим образованием (соединительнотканый тяж, мышечный мостик, пересекающая вену артерия), подтвержденным собственной практикой, является изменение интенсивности дефекта наполнения вены в области стеноза в зависимости от кардиоцикла: к примеру, усиление дефекта наполнения в систолу и исчезновение в диастолу. Как правило, при сдавлении вены внешним анатомическим образованием дилатирование участка баллоном для ангиопластики не дает желаемого результата. Провести электрода возможно, несколько увеличив усилие в поступательном направлении, в том числе используя описанные в литературе ловушечные техники, при которых из коронарного проводника создается замкнутая петля с помощью эндоваскулярной ловушки, что дает возможность увеличения давления в поступательном направлении без риска вытягивания коронарного проводника [29, 30].

Большой диаметр целевой вены

В вену большого калибра, как правило, легко попасть, ее легко катетеризировать и провести в нее электрод, который не встречает никакого сопротивления. Тем не менее иногда большой диаметр целевой вены представляет определенные трудности, которые связаны с проблемой удержать электрод в вене [26, 27, 31–33] (рис. 6). Большинство современных левожелудочковых электродов — это электроды с пассивной фиксацией,

которые удерживаются в вене за счет «усиков» не дистальном конце либо из-за особой формы изгибов дистального конца электрода. При этом чем тоньше вена, тем прочнее электрод «цепляется» за нее и тем меньше риски дислокации. При чрезмерно широкой вене целесообразно выбрать электрод с максимальным диаметром кривизны дистального изгиба. Кроме того, возможно рассмотреть вариант позиционирования электрода в коллатеральные притоки целевой вены. Другие технические приемы включают использование баллона в качестве анкера [25, 31, 33] и стабилизацию электрода с помощью стента [26]. В литературе отсутствуют данные об эпидемиологической частоте встречаемости, а также не описаны общепринятые объективные критерии чрезмерно широкого диаметра вен.

Острый угол отхождения целевой вены и патологическая извитость вены

При отхождении целевой вены под острым углом (менее 90 градусов) крайне неудобно проводить проводник, а по нему и электрод в целевую вену (рис. 7). Для успешного проведения проводника его кончик можно модифицировать, изогнуть соответственно углу отхождения вены. Тем не ме-

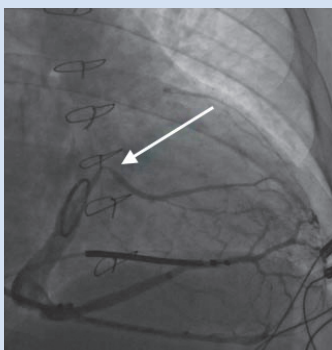


Рисунок 5. Стеноз проксимального участка латеральной вены сердца

Figure 5. Stenosis of the proximal part of the lateral cardiac vein



Рисунок 6. Вены чрезмерно большого диаметра, препятствующие стабильности электрода и его удержанию в вене

Figure 6. Abnormally enlarged veins interfering with lead stability and retention

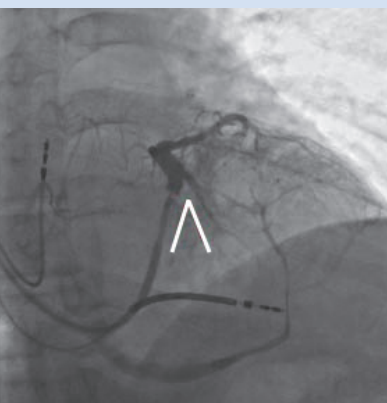


Рисунок 7. Острый угол отхождения переднелатеральной вены

Figure 7. Acute angle of the anterior lateral vein divergence



Рисунок 8. Патологическая извитость латеральных вен сердца

Figure 8. Pathologic tortuosity of the lateral cardiac veins

нее в таком случае проводник чаще всего заходит в вену лишь на пару сантиметров и при дальнейшем поступательном продвижении уходит в основной ствол вместо целевой вены. Чтобы успешно провести проводник, возможно использовать субселективный катетер [23, 24, 27, 28]. В качестве субселективного катетера могут выступать стандартные наборы из систем доставки левожелудочкового электрода, а также диагностический катетер с кривизной Judkins. Однако провести проводник в целевую вену недостаточно, также необходимо провести по нему электрод. При проведении электрода кроме субселективного катетера можно применять метод нескольких коронарных проводников, которые за счет своей упругости сглаживают угол отхождения целевой вены [27, 28].

Метод введения нескольких коронарных проводников также помогает при чрезмерно извитой целевой вене, позволяя сгладить ее извитость и облегчить прохождение электрода по ней (рис. 8) [23, 25].

Для патологической извитости вен сердца в литературе также отсутствуют объективные рентгенанатомические критерии и эпидемиологическая статистика встречаемости данного анатомического варианта.

Таким образом, часто встречающиеся анатомические трудности при имплантации левожелудочкового электрода приводят к необходимости прибегать к различным техническим приемам при его имплантации, позволяющим учитывать особенности анатомии при позиционировании левожелудочкового электрода.

Классификация анатомических вариантов вен сердца, осложняющих имплантацию левожелудочкового электрода

На основе данных литературы и собственного опыта можно предложить следующую классификацию анатомических вариантов венозной системы, осложняющих имплантацию левожелудочкового электрода:

1. Анатомические особенности коронарного синуса:
 - 1.1. Высокое отхождение устья.
 - 1.2. Клапаны Тебезия, Виссенса.
 - 1.3. Атрезия устья.
 - 1.4. Дилатированное устье коронарного синуса.
 - 1.5. Другие аномалии, затрудняющие или не позволяющие катетеризировать коронарный синус, не дифференцируемые рентгеноскопически.
2. Отсутствие латеральной вены сердца (в том числе при рассыпном типе венооттока).
3. Чрезмерно большой диаметры вены (дилатация).
4. Малый диаметр вены или ее участка:
 - 4.1. Сужение вены на протяжении.
 - 4.2. Локальный стеноз вены.
 - 4.3. Дифференцируемые рентгеноскопически случаи сдавления вены внешней анатомической структурой (мышечный мостик, соединитель-

нотканная перетяжка, пересекающая артерия).

5. Извитость вены.

6. Острый угол отхождения вены от ствола большой вены сердца.

7. Интраоперационно произошедшая диссекция коронарного синуса, большой вены сердца или целевой вены.

Данная классификация носит исключительно практическую направленность. Ориентируясь на предложенную классификацию, можно предположить, какие особенности и трудности возникнут при имплантации левожелудочкового электрода, какие инструменты могут понадобиться. Безусловно, идеальной представляется возможность получить представление о венозной системе сердца перед операцией. Однако на практике ангиографию венозной системы сердца проводят интраоперационно. Тем не менее флебографию выполняют до извлечения левожелудочкового электрода, проводников и катетеров из упаковки, что позволяет открыть и использовать лишь наиболее подходящие инструменты после оценки анатомии венозной системы, спланировать временной ресурс, тактику и технические приемы последующих этапов операции.

Заключение

Сердечная недостаточность – одна из глобальных проблем современной кардиологии. Прогрессирование данной патологии многократно повышает риск внезапной сердечной смерти, ухудшает качество жизни. Ресинхронизирующая терапия является эффективным методом лечения пациентов с явлениями диссинхронии и порой единственно возможным способом лечения и последним шансом улучшить состояние, продлить жизнь. Именно поэтому при планировании СРТ важно буквально бороться за каждого больного и сделать все возможное, чтобы пациент стал респондером данной терапии. Основной вклад в ответ на СРТ вносит положение левожелудочкового электрода. Чем ближе к целевой зоне стимулирующий полюс, тем больше шансов добиться ответа на эту терапию. Практически положение левожелудочкового электрода определяет успех СРТ. Основопологающим же при проведении левожелудочкового электрода является то, какие анатомические особенности венозной системы сердца имеет пациент и могут ли данные анатомические трудности быть преодолены. На современном уровне развития медицины те немногие случаи, когда электрод в венозной системе сердца ни при каких обстоятельствах нельзя установить в вену, включают отсутствие этой самой вены, то есть рассыпной тип венооттока, и атрезию устья коронарного синуса при отсутствии персистирующей левой верхней поллой вены.

При других анатомических вариантах венозной системы сердца, затрудняющих имплантацию лево-

желудочкового электрода (чрезмерно большой диаметр вены, сужение/стеноз вены, в том числе из-за сдавления вены внешними анатомическими структурами (мышечный мостик, соединительнотканная перетяжка/спайка, пересекающая артерия), острый угол отхождения целевой вены от русла большой вены сердца, извитость вены), на наш взгляд, могут быть подобраны соответствующие технические приемы и инструменты для успешного проведения левожелудочкового электрода к целевой зоне.

Информация об авторах

Дубровин Олег Леонидович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 3 федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Челябинск), Челябинск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9601-4674

Мамчур Сергей Евгеньевич, доктор медицинских наук заведующий лабораторией нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-8277-5584

Шугаев Павел Леонидович, кандидат медицинских наук заведующий кардиохирургическим отделением № 3 федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Челябинск), Челябинск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-5055-6838

Конфликт интересов

О.Л. Дубровин заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.Е. Мамчур входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний». П.Л. Шугаев заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Author Information Form

Dubrovin Oleg L., PhD, Cardiovascular Surgeon at the Cardiac Surgery Department No. 3, Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9601-4674

Mamchur Sergey E., PhD, Head of the Laboratory of Cardiac Arrhythmias and Cardiac Stimulation, Department of Cardiovascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-8277-5584

Shugaev Pavel L., PhD, Head of Cardiac Surgery Department No. 3, Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-5055-6838

Вклад авторов в статью

ДОЛ – получение данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

МСЕ – получение данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ШПЛ – получение данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

DOL – data collection, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

MSE – data collection, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

ShPL – data collection, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yu C.M., Bleeker G.B., Fung J.W., Schalij M.J., Zhang Q., van der Wall E.E., Chan Y.S., Kong S.L., Bax J.J. Left ventricular reverse remodeling but not clinical improvement predicts long-term survival after cardiac resynchronization therapy. *Circulation*. 2005;112(11):1580-6. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.538272.
2. Sieniewicz B.J., Gould J., Porter B., Sidhu B.S., Teall T., Webb J., Carr-White G., Rinaldi C.A. Understanding non-response to cardiac resynchronisation therapy: common problems and potential solutions. *Heart Fail Rev*. 2019;24(1):41-54. doi: 10.1007/s10741-018-9734-8.
3. Leyva F., Nisam S., Auricchio A. 20 years of cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(10):1047-58. doi: 10.1016/j.jacc.2014.06.1178.
4. Mullens W., Nijst P. Leadless Left Ventricular Pacing: Another Step Toward Improved CRT Response. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(17):2130-2133. doi: 10.1016/j.jacc.2017.03.534.
5. Becker M., Altiok E., Ocklenburg C., Krings R., Adams D., Lysansky M., Vogel B., Schauerte P., Knackstedt C., Hoffmann R. Analysis of LV lead position in cardiac resynchronization therapy using different imaging modalities. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3(5):472-81. doi: 10.1016/j.jcmg.2009.11.016.
6. Morgan J.M., Delgado V. Lead positioning for cardiac resynchronization therapy: techniques and priorities. *Europace*. 2009;11(Suppl 5):v22-8. doi: 10.1093/europace/eup306.
7. Cerqueira M.D., Weissman N.J., Dilsizian V., Jacobs A.K., Kaul S., Laskey W.K., Pennell D.J., Rumberger J.A., Ryan T., Verani M.S.; American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002;105(4):539-42. doi: 10.1161/hc0402.102975.

8. Kydd A.C., Khan F.Z., Watson W.D., Pugh P.J., Virdee M.S., Dutka D.P. Prognostic benefit of optimum left ventricular lead position in cardiac resynchronization therapy: follow-up of the TARGET Study Cohort (Targeted Left Ventricular Lead Placement to guide Cardiac Resynchronization Therapy). *JACC Heart Fail.* 2014;2(3):205-12. doi: 10.1016/j.jchf.2013.11.010.
9. Wiggers C. The muscular reactions of the mammalian ventricles to artificial surface stimuli. *Am J Physiol* 1925, 73:346-78. doi:10.1152/AJPLEGACY.1925.73.2.346
10. Grines C.L., Bashore T.M., Boudoulas H., Olson S., Shafer P., Wooley C.F. Functional abnormalities in isolated left bundle branch block. The effect of interventricular asynchrony. *Circulation.* 1989;79(4):845-53. doi: 10.1161/01.cir.79.4.845.
11. Singh J.P., Klein H.U., Huang D.T., Reek S., Kuniss M., Quesada A., Barsheshet A., Cannom D., Goldenberg I., McNitt S., Daubert J.P., Zareba W., Moss A.J. Left ventricular lead position and clinical outcome in the multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT) trial. *Circulation.* 2011; 22;123(11):1159-66. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.000646.
12. Stoia M.A., Istratoaie S., Pop S., Anton F., Crisan S., Blendea D. The Importance of Lead Positioning to Improve Clinical Outcomes in Cardiac Resynchronization Therapy [Internet]. *Cardiac Diseases and Interventions in 21st Century.* IntechOpen; 2019. doi: 10.5772/intechopen.85488
13. Daubert J.C., Ritter P., Le Breton H., Gras D., Leclercq C., Lazarus A., Mugica J., Mabo P., Cazeau S. Permanent left ventricular pacing with transvenous leads inserted into the coronary veins. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1998;21(1 Pt 2):239-45. doi: 10.1111/j.1540-8159.1998.tb01096.x.
14. Ansalone G., Giannantoni P., Ricci R., Trambaiolo P., Fedele F., Santini M. Doppler myocardial imaging to evaluate the effectiveness of pacing sites in patients receiving biventricular pacing. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(3):489-99. doi: 10.1016/s0735-1097(01)01772-7.
15. Butter C., Auricchio A., Stellbrink C., Fleck E., Ding J., Yu Y., Huvelle E., Spinelli J.; Pacing Therapy for Chronic Heart Failure II Study Group. Effect of resynchronization therapy stimulation site on the systolic function of heart failure patients. *Circulation.* 2001;104(25):3026-9. doi: 10.1161/hc5001.102229.
16. Auricchio A., Stellbrink C., Sack S., Block M., Vogt J., Bakker P., Mortensen P., Klein H. The Pacing Therapies for Congestive Heart Failure (PATH-CHF) study: rationale, design, and endpoints of a prospective randomized multicenter study. *Am J Cardiol.* 1999;83(5B):130D-135D. doi: 10.1016/s0002-9149(98)01014-5.
17. Бураковский В.И., Бокерия Л.А. Сердечно-сосудистая хирургия. М: Медицина; 1989. 752 с.
18. Online Atlas of human cardiac anatomy of the university of Minnesota Available at: <http://www.vhlab.umn.edu/atlas/cardiac-veins/posterior-interventricular-vein/index.shtml> (accessed 15.01.2023)
19. Santamaría A.Z., Sepúlveda N.A., Muñoz Gómez P.C., Zuluaga S.B., Molina N.Z., Vallejo V.G. Congenital Anomalies and Anatomical Variants of the Coronary Sinus. *Rev. Colomb. Radiol.* 2017; 28(1): 4643-8
20. Pothineni N.V.K., Supple G.E. Navigating Challenging Left Ventricular Lead Placements for Cardiac Resynchronization Therapy. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2020;11(5):4107-4117. doi: 10.19102/icrm.2020.110505.
21. Mazur M., Tomaszewska R., Pasternak A., Kuniewicz M., Walocha J.A. The Thebesian valve and its significance for electrophysiologists. *Folia Morphol (Warsz).* 2014;73(3):298-301. doi: 10.5603/FM.2014.0047.
22. Lima da Silva G., de Sousa J., Marques P. Utilisation of the snare technique for left ventricular lead placement in a patient with persistent left superior vena cava. *Rev Port Cardiol (Engl Ed).* 2018;37(2):201.e1-201.e3. English, Portuguese. doi: 10.1016/j.repc.2017.01.013
23. Worley S.J. Challenging Implants Require Tools and Techniques Not Tips and Tricks. *Card Electrophysiol Clin.* 2019 Mar;11(1):75-87. doi: 10.1016/j.ccep.2018.11.003.
24. Worley S. I-CRT: Challenging the Conventional Approach to LV Lead Placement, Literally and Figuratively. *EP Lab Digest.* 2018;18(6). [Internet] Available at: <https://www.hmpgloballearningnetwork.com/site/eplab/articles/i-crt-challenging-conventional-approach-lv-lead-placement-literally-and-figuratively> (accessed 9.10.2013)
25. Singhal M., Rohit M.K., Barwad P. Cardiac Resynchronisation Therapy – An Approach to Difficult Left Ventricular Lead Placement. *European Journal of Arrhythmia & Electrophysiology,* 2015;1(1):25–6 doi: <http://doi.org/10.17925/EJAE.2015.01.0125>
26. Barwad P., Vemuri K.S., Pruthvi C.R., Vijay J. Coronary sinus stenting for stabilizing a difficult quadripolar left ventricular lead. *J Cardio Case Rep.* 2020; 3. doi: 10.15761/JCCR.1000137
27. Zhivadinovik J., Zafirova B., Matveeva N. Anatomical variations of coronary sinus ostium and Thebesian valve. *IJAE.* 2016; 121(1): 115.
28. Agrawal A., Lange R.A., Cardiac Resynchronization Therapy Technique [Internet]. New York: Medscape. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/1839506-technique?reg=1> (accessed 10.02.2023)
29. Дубровин О.Л., Шугаев П.Л. Опыт успешного применения ортодромного ловушечного метода проведения левожелудочкового электрода при имплантации устройства ресинхронизирующей терапии: клинический случай. *Клиническая практика.* 2021;12(3):112–119. doi: 10.17816/clinpract76720
30. Marques P., Nunes-Ferreira A., António P.S., Aguiar-Ricardo I., Lima da Silva G., Guimarães T., Bernardes A., Santos I., Pinto F.J., de Sousa J. Modified snare technique improves left ventricular lead implant success for cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(11):2954-2963. doi: 10.1111/jce.14750.
31. Worley S.J. How to use balloons as anchors to facilitate cannulation of the coronary sinus left ventricular lead placement and to regain lost coronary sinus or target vein access. *Heart Rhythm.* 2009;6(8):1242-6. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.04.025.
32. Hayasaka K., Sasaki T., Akimoto K., Yabe K., Toya C., Yamashita S., Suzuki M., Sugiyama K., Goya M., Sasano T. Left ventricular lead placement using inner guiding catheter alone in cardiac resynchronization therapy device implantation. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2021;44(8):1331-1339. doi: 10.1111/pace.14307.
33. Bhardwaj R., Chaurasia A., Mahajan N., Dod H., Arora K. The usefulness of proximal anchor balloon technique during implantation of a cardiac resynchronization therapy device in a patient with complex coronary venous anatomy: a case report. *BMC Cardiovasc Disord.* 2022;22(1):36. doi: 10.1186/s12872-022-02484-1.

REFERENCES

1. Yu C.M., Bleeker G.B., Fung J.W., Schalij M.J., Zhang Q., van der Wall E.E., Chan Y.S., Kong S.L., Bax J.J. Left ventricular reverse remodeling but not clinical improvement predicts long-term survival after cardiac resynchronization therapy. *Circulation.* 2005;112(11):1580-6. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.538272.
2. Sieniewicz B.J., Gould J., Porter B., Sidhu B.S., Teall T., Webb J., Carr-White G., Rinaldi C.A. Understanding non-response to cardiac resynchronisation therapy: common problems and potential solutions. *Heart Fail Rev.* 2019;24(1):41-54. doi: 10.1007/s10741-018-9734-8.
3. Leyva F., Nisam S., Auricchio A. 20 years of cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64(10):1047-58. doi: 10.1016/j.jacc.2014.06.1178.
4. Mullens W., Nijst P. Leadless Left Ventricular Pacing: Another Step Toward Improved CRT Response. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(17):2130-2133. doi: 10.1016/j.jacc.2017.03.534.
5. Becker M., Altiok E., Ocklenburg C., Krings R., Adams D., Lysansky M., Vogel B., Schauerte P., Knackstedt C., Hoffmann R. Analysis of LV lead position in cardiac resynchronization therapy using different imaging modalities. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2010;3(5):472-81. doi: 10.1016/j.jcmg.2009.11.016.
6. Morgan J.M., Delgado V. Lead positioning for cardiac resynchronization therapy: techniques and priorities. *Europace.* 2009;11(Suppl 5):v22-8. doi: 10.1093/europace/eup306.
7. Cerqueira M.D., Weissman N.J., Dilsizian V., Jacobs A.K., Kaul S., Laskey W.K., Pennell D.J., Rumberger J.A., Ryan T.,

Verani M.S.; American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002;105(4):539-42. doi: 10.1161/hc0402.102975.

8. Kydd A.C., Khan F.Z., Watson W.D., Pugh P.J., Virdee M.S., Dutka D.P. Prognostic benefit of optimum left ventricular lead position in cardiac resynchronization therapy: follow-up of the TARGET Study Cohort (Targeted Left Ventricular Lead Placement to guide Cardiac Resynchronization Therapy). *JACC Heart Fail*. 2014;2(3):205-12. doi: 10.1016/j.jchf.2013.11.010.

9. Wiggers C. The muscular ractions of the mammalian ventricles to artificial surface stimuli. *Am J Physiol* 1925, 73:346-78. doi:10.1152/AJPLEGACY.1925.73.2.346

10. Grines C.L., Bashore T.M., Boudoulas H., Olson S., Shafer P., Wooley C.F. Functional abnormalities in isolated left bundle branch block. The effect of interventricular asynchrony. *Circulation*. 1989;79(4):845-53. doi: 10.1161/01.cir.79.4.845.

11. Singh J.P., Klein H.U., Huang D.T., Reek S., Kuniss M., Quesada A., Barsheshet A., Cannom D., Goldenberg I., McNitt S., Daubert J.P., Zareba W., Moss A.J. Left ventricular lead position and clinical outcome in the multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT) trial. *Circulation*. 2011; 22;123(11):1159-66. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.000646.

12. Stoia M.A., Istratoaie S., Pop S., Anton F., Crisan S., Blendea D. The Importance of Lead Positioning to Improve Clinical Outcomes in Cardiac Resynchronization Therapy [Internet]. *Cardiac Diseases and Interventions in 21st Century*. IntechOpen; 2019. doi: 10.5772/intechopen.85488

13. Daubert J.C., Ritter P., Le Breton H., Gras D., Leclercq C., Lazarus A., Mugica J., Mabo P., Cazeau S. Permanent left ventricular pacing with transvenous leads inserted into the coronary veins. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1998;21(1 Pt 2):239-45. doi: 10.1111/j.1540-8159.1998.tb01096.x.

14. Ansalone G., Giannantoni P., Ricci R., Trambaiolo P., Fedele F., Santini M. Doppler myocardial imaging to evaluate the effectiveness of pacing sites in patients receiving biventricular pacing. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(3):489-99. doi: 10.1016/s0735-1097(01)01772-7.

15. Butter C., Auricchio A., Stellbrink C., Fleck E., Ding J., Yu Y., Huvelle E., Spinelli J.; Pacing Therapy for Chronic Heart Failure II Study Group. Effect of resynchronization therapy stimulation site on the systolic function of heart failure patients. *Circulation*. 2001;104(25):3026-9. doi: 10.1161/hc5001.102229.

16. Auricchio A., Stellbrink C., Sack S., Block M., Vogt J., Bakker P., Mortensen P., Klein H. The Pacing Therapies for Congestive Heart Failure (PATH-CHF) study: rationale, design, and endpoints of a prospective randomized multicenter study. *Am J Cardiol*. 1999;83(5B):130D-135D. doi: 10.1016/s0002-9149(98)01014-5.

17. Burakovskij V.I., Bokeriya L.A. Serdechno-sosudistaya hirurgiya. M :Medicina;1989. (In Russian)

18. Online Atlas of human cardiac anatomy of the university of Minnesota Available at: <http://www.vhlab.umn.edu/atlas/cardiac-veins/posterior-interventricular-vein/index.shtml> (accessed 15.01.2023)

19. Santamaria A.Z., Sepúlveda N.A., Muñoz Gómez P.C., Zuluaga S.B., Molina N.Z., Vallejo V.G. Congenital Anomalies and Anatomical Variants of the Coronary Sinus. *Rev. Colomb. Radiol*. 2017; 28(1): 4643-8

20. Pothineni N.V.K., Supple G.E. Navigating Challenging Left Ventricular Lead Placements for Cardiac Resynchronization Therapy. *J Innov Card Rhythm Manag*. 2020;11(5):4107-4117. doi: 10.19102/icrm.2020.110505.

21. Mazur M., Tomaszewska R., Pasternak A., Kuniewicz M., Walocha J.A. The Thebesian valve and its significance for electrophysiologists. *Folia Morphol (Warsz)*. 2014;73(3):298-301. doi: 10.5603/FM.2014.0047.

22. Lima da Silva G., de Sousa J., Marques P. Utilisation of the snare technique for left ventricular lead placement in a patient with persistent left superior vena cava. *Rev Port Cardiol (Engl Ed)*. 2018;37(2):201.e1-201.e3. English, Portuguese. doi: 10.1016/j.repc.2017.01.013

23. Worley S.J. Challenging Implants Require Tools and Techniques Not Tips and Tricks. *Card Electrophysiol Clin*. 2019 Mar;11(1):75-87. doi: 10.1016/j.ccep.2018.11.003.

24. Worley S. I-CRT: Challenging the Conventional Approach to LV Lead Placement, Literally and Figuratively. *EP Lab Digest*. 2018;18(6). [Internet] Available at: <https://www.hmpgloballearningnetwork.com/site/eplab/articles/i-crt-challenging-conventional-approach-lv-lead-placement-literally-and-figuratively> (accessed 9.10.2013)

25. Singhal M., Rohit M.K., Barwad P. Cardiac Resynchronisation Therapy – An Approach to Difficult Left Ventricular Lead Placement. *European Journal of Arrhythmia & Electrophysiology*, 2015;1(1):25–6 doi: <http://doi.org/10.17925/EJAE.2015.01.01.25>

26. Barwad P., Vemuri K.S., Pruthvi C.R., Vijay J. Coronary sinus stenting for stabilizing a difficult quadripolar left ventricular lead. *J Cardio Case Rep*. 2020; 3. doi: 10.15761/JCCR.1000137

27. Zhivadnikov J., Zafirova B., Matveeva N. Anatomical variations of coronary sinus ostium and Thebesian valve. *IJAE*. 2016; 121(1): 115.

28. Agrawal A., Lange R.A., Cardiac Resynchronization Therapy Technique [Internet]. New York: Medscape. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/1839506-technique?reg=1> (accessed 10.02.2023)

29. Dubrovin O.L., Shugaev P.L. A successful placement of the left ventricular lead for the cardiac resynchronization device using the orthodromic snare technique: a clinical case. *Journal of Clinical Practice*. 2021;12(3):112–119. doi: 10.17816/clinpract76720 (In Russian)

30. Marques P., Nunes-Ferreira A., António P.S., Aguiar-Ricardo I., Lima da Silva G., Guimarães T., Bernardes A., Santos I., Pinto F.J., de Sousa J. Modified snare technique improves left ventricular lead implant success for cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2020;31(11):2954-2963. doi: 10.1111/jce.14750.

31. Worley S.J. How to use balloons as anchors to facilitate cannulation of the coronary sinus left ventricular lead placement and to regain lost coronary sinus or target vein access. *Heart Rhythm*. 2009;6(8):1242-6. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.04.025.

32. Hayasaka K., Sasaki T., Akimoto K., Yabe K., Toya C., Yamashita S., Suzuki M., Sugiyama K., Goya M., Sasano T. Left ventricular lead placement using inner guiding catheter alone in cardiac resynchronization therapy device implantation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2021;44(8):1331-1339. doi: 10.1111/pace.14307.

33. Bhardwaj R., Chaurasia A., Mahajan N., Dod H., Arora K. The usefulness of proximal anchor balloon technique during implantation of a cardiac resynchronization therapy device in a patient with complex coronary venous anatomy: a case report. *BMC Cardiovasc Disord*. 2022;22(1):36. doi: 10.1186/s12872-022-02484-1.

Для цитирования: Дубровин О.Л., Мамчур С.Е., Шугаев П.Л. Анатомические особенности венозной системы сердца, значимые при имплантации левожелудочкового электрода: литературный обзор и собственный опыт. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2023;12(2): 96-106. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-96-106

To cite: Dubrovin O.L., Mamchur S.E., Shugaev P.L. Anatomical features of the cardiac venous system, significant for the left ventricular lead placement: literature review and experience. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2023;12(2): 96-106. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-96-106