

Рубрика: электрокардиостимуляция

© В.В. СТЕПАНОВА, С.В. ЗУБАРЕВ, В.А. МАРИНИН, М.А. САВЕЛЬЕВА, Т.В. ЧУМАРНАЯ, Д.С. ЛЕБЕДЕВ, 2025

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2025

УДК 616.132.11-073.756.8

DOI: 10.15275/annaritmol.2025.2.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЕН КОРОНАРНОГО СИНУСА ПРИ МУЛЬТИСРЕЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И БАЛЛОННОЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ОККЛЮЗИОННОЙ ВЕНОГРАФИИ

Тип статьи: оригинальная статья

В.В. Степанова¹, С.В. Зубарев^{2,3}, В.А. Маринин¹, М.А. Савельева¹, Т.В. Чумарная³, Д.С. Лебедев^{2,3}

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация

³ ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

Степанова Вера Владимировна, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0003-2540-6544

Зубарев Степан Владимирович, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., кардиолог; orcid.org/0000-0002-4670-5861

Маринин Валерий Алексеевич, д-р мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением; orcid.org/0000-0002-8141-5149

Савельева Мария Анатольевна, клинический ординатор; orcid.org/0009-0008-5667-115X, e-mail: saveljeva.mariaanat@yandex.ru

Чумарная Татьяна Владиславовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; orcid.org/0000-0002-7965-2364

Лебедев Дмитрий Сергеевич, д-р мед. наук, профессор РАН, гл. науч. сотр., профессор кафедры; orcid.org/0000-0002-2334-1663

Цель – проведение сравнительного анализа визуализации вен коронарного синуса (КС) при использовании стандартной методики – баллонной интраоперационной окклюзионной венографии (БВг) и предлагаемой для использования мультисрезовой компьютерной томографии сердца с контрастированием КС при имплантации устройств сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ).

Материал и методы. В статье сравниваются данные о венозной анатомии сердца, полученные при выполнении венографии по компьютерной томографии (КТВг) и БВг у 60 пациентов с показаниями к СРТ, которым до имплантации ресинхронизирующего устройства была выполнена КТВг, а в ходе процедуры имплантации – БВг. Оценивались ствол КС, заднебоковая, боковая, переднебоковая и передняя межжелудочковая вены в аспекте возможности и качества их визуализации. Также анализировался ход операции, фиксировались трудности при имплантации левожелудочкового электрода, вызванные анатомическим строением русла КС. Статистическую обработку результатов проводили с применением критериев Макнемара и Уилкоксона.

Результаты. По результатам анализа задняя и задняя межжелудочковая вены были визуализированы у статистически значимо большей доли пациентов при КТВг, чем при БВг ($p < 0,001$), остальные вены КС не отличались по возможности визуализации при обеих методиках. Качество визуализации было статистически значимо выше при использовании КТВг для визуализации задней и задней межжелудочковой вен ($p < 0,001$), заднебоковой ($p = 0,007$) и боковой вен ($p = 0,003$).

Заключение. Методика КТВг не только не уступает «золотому стандарту» – БВг, но и превосходит ее в аспекте возможности и качества визуализации венозного русла сердца.

Ключевые слова: сердечная ресинхронизирующая терапия, визуализация коронарного синуса, таргетная имплантация, баллонная окклюзионная венография, мультисрезовая компьютерная томография сердца с контрастированием

COMPARATIVE ANALYSIS OF CORONARY SINUS VENOUS SYSTEM VISUALIZATION DURING MULTI-SECTION COMPUTED TOMOGRAPHY AND BALLOON INTRAOPERATIVE OCCLUSIVE VENOGRAPHY

V.V. Stepanova¹, S.V. Zubarev^{2, 3}, V.A. Marinin¹, M.A. Savelyeva¹, T.V. Chumarnaya³, D.S. Lebedev^{2, 3}

¹ Mechnikov North-Western State Medical University of the Ministry of Health of Russia, St. Petersburg, 195067, Russian Federation

² Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg, 197341, Russian Federation

³ Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 620078, Russian Federation

Vera V. Stepanova, Cand. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-2540-6544

Stepan V. Zubarev, Cand. Med. Sci., Senior Researcher, Cardiologist; orcid.org/0000-0002-4670-5861

Valeriy A. Marinin, Dr. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon, Head of the Department; orcid.org/0000-0002-8141-5149

Maria A. Savelyeva, Clinical Resident; orcid.org/0009-0008-5667-115X, e-mail: savelyeva.mariaanat@yandex.ru

Tatiana V. Chumarnaya, Cand. Biol. Sci., Senior Researcher; orcid.org/0000-0002-7965-2364

Dmitriy S. Lebedev, Dr. Med. Sci., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, Professor of the Chair; orcid.org/0000-0002-2334-1663

Objective. To conduct a comparative analysis of coronary sinus vein visualization using the standard technique – intraoperative balloon occlusion venography (BOV) – and the proposed method of multislice computed tomography of the heart with coronary sinus contrast for cardiac resynchronization therapy (CRT) device implantation.

Material and methods. This article compares data on cardiac venous anatomy obtained via computed tomography venography (CTVG) and BOV in 60 patients with indications for CRT. All patients underwent CTVG prior to CRT device implantation and BOV during the implantation procedure. The coronary sinus trunk, posterior lateral, lateral, anterolateral, and anterior interventricular veins were assessed in terms of the feasibility and quality of their visualization. The course of the operation was also analyzed, and difficulties during left ventricular electrode implantation caused by the anatomical structure of the coronary sinus bed were recorded. Statistical analysis was performed using McNemar's test and the Wilcoxon test.

Results. The analysis revealed that the posterior and posterior interventricular veins were visualized in a statistically significantly larger proportion of patients with CTVG compared to BOV ($p < 0,001$). The other coronary sinus veins showed no difference in visualization feasibility between the two methods. The quality of visualization was statistically significantly higher with CTVG for the posterior and posterior interventricular veins ($p < 0.001$), the posterolateral vein ($p = 0.007$), and the lateral vein ($p = 0.003$).

Conclusion. The CTVG method is not only non-inferior to the gold standard, BOV, but also surpasses it in terms of the feasibility and quality of cardiac venous bed visualization.

Keywords: cardiac resynchronization therapy, coronary sinus imaging, targeted implantation, balloon occlusion venography, contrast-enhanced multislice computed tomography of the heart

Введение

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) зарекомендовала себя как эффективный метод лечения, увеличивающий продолжительность жизни пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН), сопряженной с низкой фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) и блокадой левой ножки пучка Гиса. Имплантация устройства СРТ предполагает размещение левожелудочкового электрода (ЛЖЭ) в одном из венозных притоков коронарного синуса (КС). В качестве стандарта для визуализации вен сердца в ходе имплантации используется интраоперационная баллонная окклюзионная венография (БВг) [1]. Стоит отметить, что КС обладает значительной вариабельностью строения. По данным литературы, в 10% случаев

не удастся позиционировать ЛЖЭ трансвенозно из-за анатомических особенностей КС [2]. В связи с этим встает вопрос о предоперационной визуализации для понимания особенностей анатомии КС при планировании имплантации СРТ. Наиболее информативный неинвазивный метод оценки – мультисрезовая компьютерной томографии сердца с контрастированием [3–5]. В настоящее время проведение венографии по данным компьютерной томографии (КТВг) перед имплантацией выполняют не повсеместно, данные, представленные в литературе, ограничены. Неинвазивная предоперационная диагностика с использованием КТВг может быть крайне полезной, так как позволит хирургу знать заранее потенциальные особенности строения основного ствола КС и его притоков.

Цель исследования – сравнительный анализ визуализации вен КС при проведении мультисрезовой компьютерной томографии и баллонной интраоперационной окклюзионной венографии.

Материал и методы

В исследование были включены 60 пациентов с показаниями для СРТ I и IIa классов согласно рекомендациям ESC 2021 г. по электрокардиостимуляции и СРТ. Все пациенты были информированы о проводимом исследовании и подписали информированное добровольное согласие. Исследование соответствовало принципам «Надлежащей клинической практики» (Good Clinical Practice) и принципам Хельсинкской декларации.

Перед имплантацией СРТ всем включенным в исследование выполняли контрастную мультисрезовую компьютерную томографию сердца на сканере Siemens Somatom Force. Первоначально выполнялся тест болюс со сканированием на уровне восходящего отдела аорты. После введения 10 мл контраста (оптирей или ультравист 300) и последующих 50 мл физиологического раствора оценивался график и пик кривой наполнения восходящего отдела аорты в секундах. Учитывая время максимального наполнения, рассчитывалось индивидуальное время для сканирования сердца в венозную фазу. Данный подход позволял у всех пациентов получить максимально плотное наполнение КС. Сканирование сердца осуществлялось с ЭКГ-синхронизацией на задержке дыхания и с руками, поднятыми вверх. Лучевая нагрузка составляла от 1,5 до 3,5 миллизиверт (мЗв), в зависимости от антропометрических данных пациента. Суммарный объем использованного йодсодержащего контрастирующего вещества с учетом тест-болюса составлял 110 мл на исследование. Суммарный объем физиологического раствора с учетом тест-болюса – 75 мл на исследование. Далее врач из полученных изображений Dicom вручную сегментировал основной ствол и притоки КС. Результаты сохранялись в виде изображений в трех стандартных проекциях, (AP 0°, LAO 30°, RAO 30°). Также сохранялась объемная модель реконструированного КС, что давало дополнительную возможность интерактивной оценки под любым интересующим углом и плоскостью.

В ходе имплантации ресинхронизирующих устройств всем пациентам выполняли интраопе-

рационную БВг. Баллонный катетер (Attain 6215-80 Medtronic, США) устанавливали так, чтобы его дистальный отдел выходил из системы доставки на 15–20 мм. Флюороскопическую С-дугу (Philips BV Pulsera, Philips Medical Systems, Нидерланды) устанавливали в одну из трех стандартных позиций (AP 0°, LAO 30°, RAO 30°). Под контролем рентгеноскопии проводили центрирование зоны интереса в соответствующей проекции. Далее выполняли раздувание баллона и вводили 5–15 мл контрастирующего вещества с одновременным проведением рентгенографии. В качестве контрастирующего вещества использовали йодсодержащие фармпрепараты оптирей или ультравист 300 объемом до 50 мл. После контрастирования баллон сдували. Затем процедуру повторяли в другой рентгенологической позиции. Суммарная лучевая нагрузка при БВг составляла 2–3 мЗв в зависимости от антропометрических данных пациента.

Далее проводили сравнение венограмм, полученных при применении обеих методик в одинаковых проекциях (AP 0°, LAO 30°, RAO 30° или при других одинаковых углах по необходимости). Оценивали возможность визуализации вен (анатомическая структура видна или не видна) и качество визуализации. Качество визуализации вен при обоих исследованиях оценивали следующим методом: 0 баллов – приток не визуализируется, 1 балл – приток визуализируется, однако оценка анатомических характеристик затруднена, 2 балла – приток хорошо визуализируется на всем протяжении и его анатомические характеристики доступны для оценки. Пример визуализации боковой вены представлен на рисунке 1.

Использовалась стандартная номенклатура вен сердца, согласно которой в КС впадают (от проксимального к дистальному) следующие вены: задняя межжелудочковая вена, проходящая в задней межжелудочковой борозде; задняя вена, проходящая по нижней стенке ЛЖ, часто впадающая близко к устью КС; заднебоковая вена – приток, проходящий по нижней и боковой стенкам ЛЖ; боковая вена, проходящая по боковой стенке ЛЖ. Далее по ходу КС впадает переднебоковая вена. Затем КС переходит в переднюю вену, которая, как только начинает спускаться по передней межжелудочковой борозде, получает название передней межжелудочковой вены [6]. Был проанализирован ход операции, фиксировались трудности при имплантации ЛЖЭ, вызванные анатомическим строением русла КС.

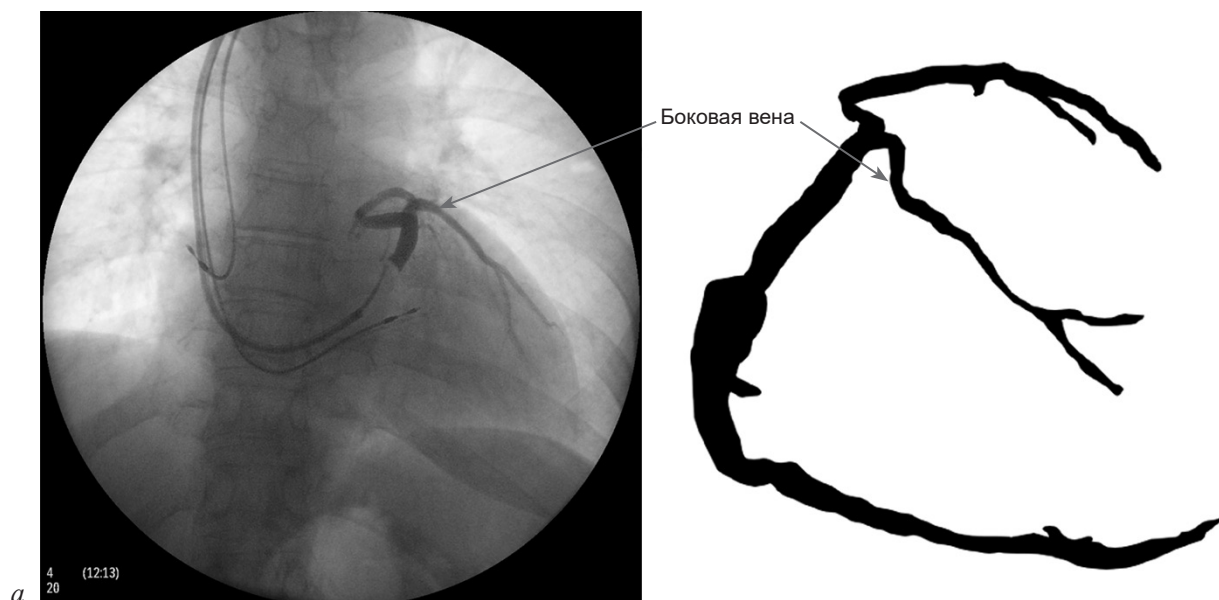


Рис. 1. Визуализация боковой вены с оценкой 2 балла, когда приток хорошо визуализируется на всем протяжении:

a – баллонная венография; *б* – венография при КТ

Для статистического анализа использовался программный пакет SPSS 27.0 (IBM, США). Качественные характеристики представлены в виде абсолютного значения и процента от общего числа наблюдений. Количественные характеристики представлены в виде медиан (Me) и значений 25- и 75-го квартилей. Критерий Макнемара для связанных выборок использовался для сравнения доли пациентов, у которых КС визуализировался с помощью методов КТВг и БВг. Критерий Уилкоксона для связанных выборок использовался для сравнения качества визуализации, выраженного в баллах, при выполнении КТВг и БВг. Статистические гипотезы подтверждались значениями $p < 0,05$.

Результаты

Характеристика пациентов, включенных в исследование, представлена в таблице 1.

Суммарно было исследовано 313 вен КС, оценивались возможность и качество визуализации при КТВг и БВг. 311 (99%) вен были визуализированы при КТВг и 255 (81%) – при БВг. В 2 (0,6%) случаях был выявлен патологический изгиб начального отдела ствола КС.

Ствол КС и передняя межжелудочковая вена при КТВг и при БВг визуализировались у 60 (100%) пациентов. Боковая вена определялась в 43 (71,7%) случаях при КТВг и в 39 (65%) при БВг ($p = 0,125$). Заднебоковая вена детектировалась в 26 (43,3%) случаях обоими

методами. Переднебоковая вена определялась в 13 (21,7%) случаях по КТВг и в 12 (20%) при БВг. Задняя межжелудочковая вена обнаруживалась в 60 (100%) случаях по КТВг, по данным БВг – в 26 (43,3%) ($p < 0,001$). Задняя вена по данным КТВг визуализировалась у 48 (80%) пациентов, по данным БВг – у 26 (43,3%) ($p < 0,001$) (табл. 2).

Таблица 1

Клинико-инструментальные показатели пациентов

Показатель	Значение
Количество, n	60
Возраст, лет	65 (58; 69)*
Пол	
женский, n (%)	11 (18)
мужской, n (%)	49 (82)
Индекс массы тела, кг/м ²	28 (25,55; 31,5)*
Генез, n (%)	
неишемическая кардиомиопатия	22 (37)
ишемическая кардиомиопатия	38 (63)
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	34 (57)
ФК ХСН, n (%)	
II	27 (45)
III	33 (55)
Синусовый ритм/ФП, n (%)	50 (83)/10 (17)
Длительность QRS, мс	190 (177,5; 203)*
ФВ ЛЖ, %	27 (24; 31)*

Примечание. * – медиана (значения 25- и 75-го квартилей), ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка по Симпсону; ФК ХСН – функциональный класс хронической сердечной недостаточности; ФП – фибрилляция предсердий.

Таблица 2

Возможность визуализации вен при КТВг и БВг (n = 60)

Метод	Ствол КС, n (%)	ЗМЖВ, n (%)	ЗВ, n (%)	ЗБВ, n (%)	БВ, n (%)	ПБВ, n (%)	МЖВ, n (%)
КТВг	60 (100)	60 (100)	48 (80)	27 (45)	43 (71,7)	13 (21,7)	60 (100)
БВг	60 (100)	26 (43,3)	26 (43,3)	26 (43,3)	39 (65)	12 (20)	60 (100)
p*	1,0	< 0,001	< 0,001	1,0	0,125	1,0	1,0

Примечание. КС – коронарный синус, КТВг – венография по компьютерной томографии, БВг – баллонная венография, ЗМЖВ – задняя межжелудочковая вена, ЗВ – задняя вена, ЗБВ – заднебоковая вена, БВ – боковая вена, ПБВ – переднебоковая вена, ПМЖВ – передняя межжелудочковая вена, n – количество случаев, в которых определялась данная вена.

* – значимость критерия Макнемара для сравнения связанных выборок.

Далее был проведен балльный анализ КТВг и БВг в оценке качества визуализации вен. На рисунке 2 представлен пример данной оценки боковой вены. На рисунке 2 видно, что КТВг имеет 2 балла в 42 случаях и 1 балл в 1 случае визуализации боковой вены. В то время как методом БВг показан результат 0 баллов в 4 случаях (на тонких венах), в 1–8,2 балла – в 31 случае.

Суммарные процентные данные о распределении пациентов по баллам визуализации конкретных вен представлены в таблице 3.

На основании таблицы 3 установлено, что качество визуализации задней, заднебоковой, боковой, задней межжелудочковой вен было статистически выше при выполнении КТВг. Качество визуализации ствола КС, передней межжелудочковой и переднебоковой вен значимо не отличалось при КТВг и БВг.

Обсуждение

В текущей работе показано, что с помощью КТВг можно визуализировать больше венозных притоков первого порядка. Так, при КТВг было определено 311 (99%) притоков, в то время как при БВг удалось распознать 255 (81%). По данным С. Knackstedt et al., в группе, включающей

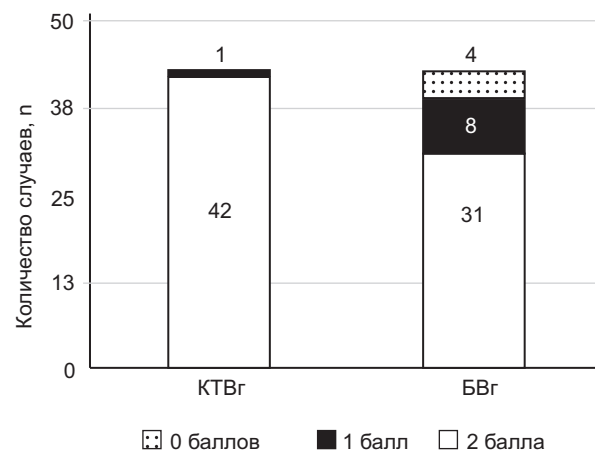


Рис. 2. Характеристика качества визуализации боковой вены при выполнении КТВг и БВг

20 пациентов, с помощью БВг было детектировано 114 (89%) вен, при КТВг – 121 (94,5%) [7]. U.C. Nguуêп et al. на выборке, включающей 18 пациентов, показали, что при БВг в 10% случаев упускался тот или иной приток КС, тогда как при КТВг это происходило лишь в 2,3% случаев [5].

Ствол КС и передняя межжелудочковая вена визуализировались в нашем исследовании в 100% случаев, что согласуется с данными других авторов [1, 7, 8]. Это связано с тем, что ствол

Таблица 3

Характеристика качества визуализации вен КС при КТВг и БВг (n = 60)

Метод	Баллы	Ствол КС, n (%)	ЗМЖВ, n (%)	ЗВ, n (%)	ЗБВ, n (%)	БВ, n (%)	ПБВ, n (%)	ПМЖВ, n (%)
КТВг	2	60 (100)	60 (100)	43 (89,6)	27 (100)	42 (97,7)	10 (76,9)	59 (98,3)
	1	0 (0)	0 (0)	5 (10,4)	0 (0)	1 (2,3)	3 (23,1)	1 (1,7)
	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
БВг	2	60 (100)	14 (23,3)	21 (43,8)	19 (70,4)	31 (72,1)	6 (46,2)	59 (98,3)
	1	0 (0)	12 (20)	5 (10,4)	7 (25,9)	8 (18,6)	6 (46,2)	1 (1,7)
	0	0 (0)	34 (56,7)	22 (45,8)	1 (3,7)	4 (9,3)	1 (7,7)	0 (0)
p*		1,0	< 0,001	< 0,001	0,007	0,003	0,059	1,0

* – значимость критерия Уилкоксона для связанных выборок.

КС и передняя межжелудочковая вена представляют собой наиболее крупные и постоянные анатомические структуры.

Боковая вена в текущей работе визуализировалась с одинаковой частотой (71,7%) при использовании обеих методик (см. табл. 2). В исследовании G. Mühlenbruch et al. боковая вена также визуализировалась с одинаковой частотой (85,7%) при использовании КТВг и БВг [1]. В работе С. Knackstedt et al. боковая вена была не распознана при БВг в 2 случаях, а при КТВг – в 1 из 19 случаев, в которых эта вена присутствовала (всего были включены 20 пациентов). При этом различия обеих методик относительно возможности визуализации боковой вены также были статистически незначимыми [7]. В то же время качество визуализации боковой вены в нашей работе было выше при КТВг ($p = 0,003$).

Задняя вена статистически значимо чаще и лучше по балльной оценке ($p < 0,001$) определялась при КТВг в сравнении с БВг (см. табл. 2, 3). Наиболее вероятно это было связано с тем, что

у 22 из 60 пациентов, включенных в исследование, отмечалось близкое впадение задней вены по отношению к остиальному отделу КС. При таком впадении трудно добиться устойчивого нахождения системы доставки в начальном деле КС, так как необходимо ее заведение на определенную глубину. В этой связи остиальный отдел задней вены может быть перекрыт системой доставки. Как подтверждение этому на рисунке 3 представлен пример собственного опыта, который показывает недетектирование задней вены при перекрывании ее системой доставки.

При таком сценарии БВг можно ошибочно определить заднюю вену как отсутствующую в анатомии пациента. Однако, благодаря проведенной КТВг, стало известно о наличии задней вены, впадающей очень близко от устья основного ствола КС, что позволило в конечном итоге провести имплантацию точно в заднюю вену.

По данным литературы, задняя вена обнаруживалась в 100% случаев ($n = 22$) при КТВг и БВг [1]. В другом исследовании задняя вена

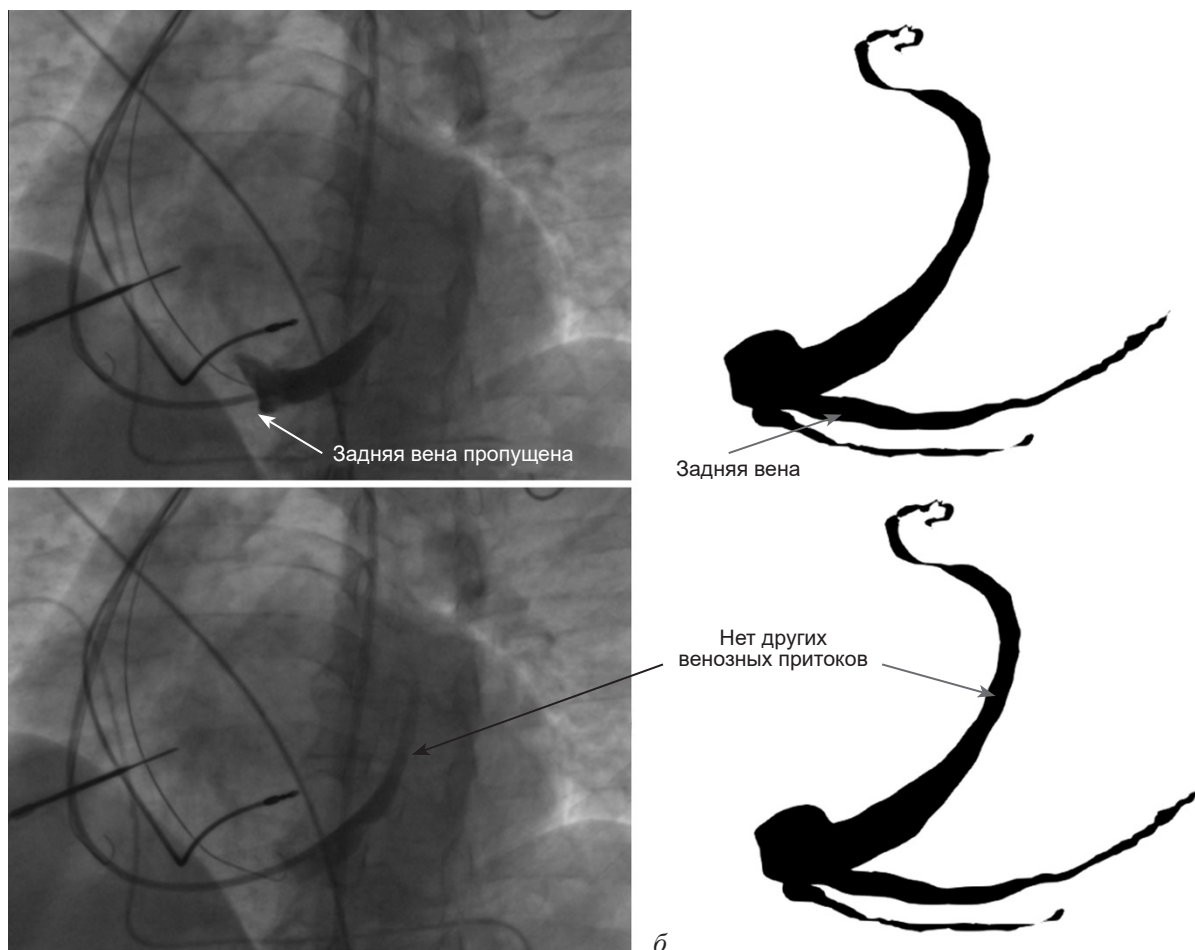


Рис. 3. Сравнение детекции задней вены:

а – перекрытие баллоном задней вены при инвазивной БВг; б – четко детектированная задняя вена по данным КТВг

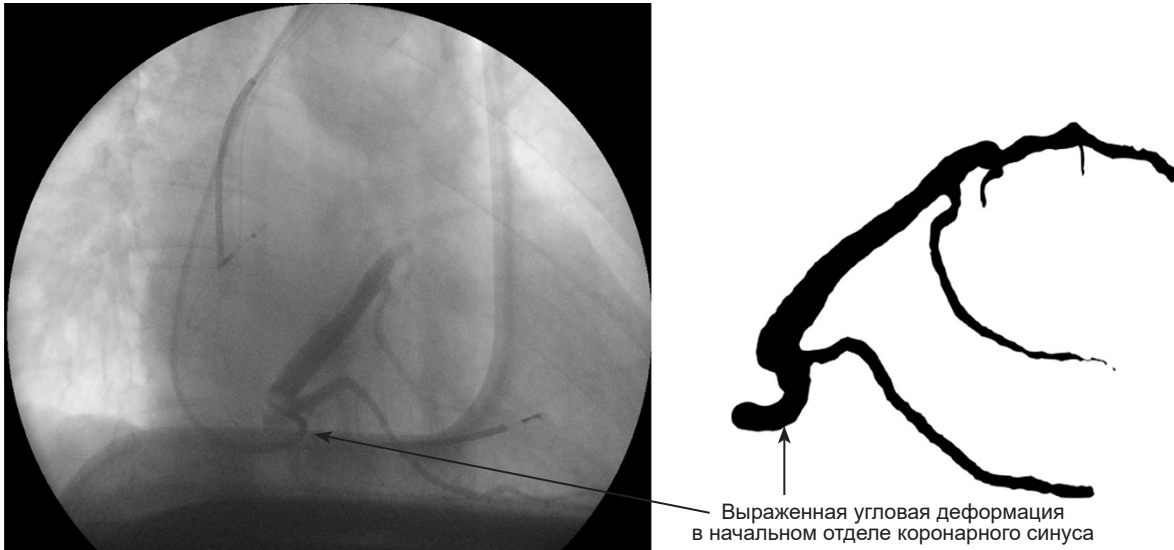


Рис. 4. Выраженная угловая деформация в начальном отделе КС

была упущена при БВг у одного пациента из 15, у которых она отмечалась, при этом при КТВг задняя вена визуализировалась во всех случаях [7]. Исходя из наших и литературных данных, можно сделать вывод о том, что если не выполнена предварительная КТВг, то существует потенциальный риск пропуска задней вены на рутинной БВг.

Говоря о визуализации заднебоковой вены, также возможен сценарий, аналогичный с задней веной, при близком впадении от устья основного ствола КС. Так, в нашем исследовании заднебоковая вена не была детектирована при БВг у 1 (3,7%) из 27 пациентов, у которых отмечался такой приток. При этом заднебоковая вена при КТВг в этом случае определялась оптимально. В целом же заднебоковая вена, наряду с переднебоковой веной, контрастировалась в нашем исследовании менее, чем у половины исследуемых при использовании обеих методик. Это свидетельствует об их непостоянном характере. Так, в работах G. Mühlenbruch et al. и М.А. Шляппо и др. данные по этим венам не приводятся. Вероятно, это связано с тем, что авторы старались визуализировать и сравнивать наиболее крупные и постоянные притоки КС, такие как основной ствол КС, передняя и задняя межжелудочковые, задняя, боковая вены [1, 8]. По данным балльной оценки в нашей работе, заднебоковая вена статистически значимо лучше определялась при КТВг, в то время как переднебоковая вена не показала такой разницы (см. табл. 3).

Визуализация задней межжелудочковой вены в нашем исследовании статистически зна-

чимо ($p < 0,001$) была лучше при КТВг по сравнению с БВг (см. табл. 2). Детекция лишь в 26 (43,3%) случаях при БВг связана с частым перекрытием данного притока системой доставки. По данным С. Knackstedt et al., задняя межжелудочковая вена пропускалась у 1 (5%) из 20 пациентов, у которых она присутствовала при БВг, и визуализировалась во всех случаях при КТВг [7]. В целом для имплантации ЛЖЭ задняя межжелудочковая вена не используется, что делает ее пропуск незначимым для принятия решения во время СРТ.

Оценка анатомии остиального отдела основного ствола КС также важна. Именно строение данного отдела порой диктует технические возможности заведения системы доставки и всей процедуры имплантации ЛЖЭ. В текущей работе мы столкнулись с 2 (0,6%) случаями патологического изгиба начального отдела ствола КС. На рисунке 4 представлен пример, демонстрирующий патологический изгиб начального отдела КС, который был детектирован при КТВг и при БВг.

Стоит отметить, что оценить строение устья КС при КТВг иногда крайне непросто. Сложность заключается в том, что начальная часть КС проходит в толще миокарда, а не сразу выходит на эпикардиальную поверхность. Иногда патологический изгиб начального отдела КС при КТВг виден только по косвенному признаку в виде неравномерного контрастирования двух соседних участков вены. С другой стороны, при БВг устье КС также не всегда качественно визуализируется из-за размывания

контраста проксимальнее баллона. Кроме того, БВг возможна, только если удалось завести систему доставки КС.

Причинами снижения качества изображения венозных притоков при БВг, с нашей точки зрения, является двухмерность изображения (контуры притоков могут накладываться один на другой, затрудняя оценку венозной анатомии), а также возможное несоответствие диаметров КС и вводимого в него баллона. При диаметре КС больше диаметра баллона, окклюзия может быть недостаточной для полноценного контрастирования.

С другой стороны, возможность визуализации венозного русла КС с помощью КТВг имеет сильную зависимость от сократимости миокарда, ритма и частоты у конкретных пациентов. Так, по нашему опыту, при снижении ФВ ЛЖ до 15% или наличии тахисистолической формы ФП контрастирование оказывается менее плотным и, как следствие, изображение имеет более низкое качество для анализа вен КС. Кроме того, визуализация притоков второго порядка с помощью КТВг является более затруднительной, чем с помощью БВг. При этом в хирургической практике визуализация вен второго порядка тоже крайне желательна. Это обусловлено тем, что иногда конечная фиксация ЛЖЭ происходит именно в вене второго порядка при слишком широком просвете притока первого порядка. Однако стоит отметить технологический прогресс в медицине, что находит отражение в разрешающей способности томографов. Этим и можно объяснить тот факт, что в нашем исследовании результаты КТВг были лучше по сравнению с рутинной БВг.

В заключение следует акцентировать внимание на то, что возможность имплантации ЛЖЭ в область интереса, прежде всего, заключается в венах, считающихся наиболее предпочтительными: боковая, заднебоковая и задняя [9, 10]. По КТВг и БВг факт наличия боковой и заднебоковой вен статистически был неразличим (см. табл. 2). В то же время задняя вена статистически чаще детектировалась на КТВг ($p < 0,001$). В связи с этим практический совет заключается в том, что при отсутствии детекции целевых вен необходимо постараться расположить систему доставки более проксимально. Это позволит минимизировать вероятность пропуска притока, который может впадать близко от устья основного ствола КС.

При наличии возможности выполнения КТВг повышается степень предоперационной диагностики, что позволяет более взвешенно планировать метод имплантации ЛЖЭ и всей операции СРТ в целом [11].

Заключение

Показано преимущество использования КТВг перед БВг в аспекте возможности и качества визуализации вен КС. КТВг может ответить на вопрос об особенностях строения вен КС уже на этапе планирования имплантации ресинхронизирующего устройства.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта № 24-15-00335 Российского научного фонда.

Библиографический список/References

1. Mühlenbruch G., Koos R., Wildberger J.E. et al. Imaging of the cardiac venous system: comparison of MDCT and conventional angiography. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2005; 185 (5): 1252–1257. DOI: 10.2214/AJR.04.1231
2. Mak G.S., Hill A.J., Moisiuc F., Krishnan S.C. Variations in Thebesian valve anatomy and coronary sinus ostium: implications for invasive electrophysiology procedures. *Europace.* 2009; 11 (9): 1188–1192. DOI: 10.1093/europace/eup179
3. Rad M.M., Blaauw Y., Dinh T. et al. Left ventricular lead placement in the latest activated region guided by coronary venous electroanatomic mapping. *Europace.* 2015; 17 (1): 84–93. DOI: 10.1093/europace/euu221
4. Wei Y., Xie P., Pang W. et al. The relationship between the coronary sinus and coronary artery using multislice spiral computed tomography and conventional invasive angiography. *Int. J. Cardiol.* 2009; 137 (3): 276–281. DOI: 10.1016/j.ijcard.2008.12.217
5. Nguyễn UC, Cluitmans MJM, Luermans JGLM, et al. Visualisation of coronary venous anatomy by computed tomography angiography prior to cardiac resynchronisation therapy implantation. *Neth. Heart J.* 2018; 26 (9): 433–444. DOI: 10.1007/s12471-018-1132-2
6. Barold S.S., Stroobandt R.X., Sinnaeve A.F. Cardiac pacemakers and resynchronization therapy step-by-step: an illustrated guide. 2nd ed. Wiley–Blackwell: 2010.
7. Knackstedt C., Mühlenbruch G., Mischke K. et al. Imaging of the coronary venous system in patients with congestive heart failure: comparison of 16 slice MSCT and retrograde coronary sinus venography: comparative imaging of coronary venous system. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2008; 24 (8): 783–791. DOI: 10.1007/s10554-008-9333-1
8. Шляппо М.А., Александрова С.А., Юрпольская Л.А. и др. Особенности исследования венозного русла сердца при компьютерной томографии. *Креативная кардиология.* 2017; 11 (2): 137–144. DOI: 10.24022/1997-3187-2017-11-2-137-144

- Shlyappo M.A., Aleksandrova S.A., Yurpol'skaya L.A. et al. Osobennosti issledovaniya venoznogo rusla serdca pri komp'yuternoj tomografii. *Creative Cardiology*. 2017; 11 (2): 137–144 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2017-11-2-137-144
9. Riedlbauchová L., Cihák R., Bytesník J. et al. Optimization of right ventricular lead position in cardiac resynchronisation therapy. *Eur. J. Heart Fail.* 2006; 8 (6): 609–614. DOI: 10.1016/j.ejheart.2005.11.009
10. Randhawa A., Saini A., Aggarwal A. et al. Variance in coronary venous anatomy: a critical determinant in optimal candidate selection for cardiac resynchronization therapy. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2013; 36 (1): 94–102. DOI: 10.1111/pace.12026
11. Gerber T.C., Kantor B., Keelan P.C. et al. The coronary venous system: an alternate portal to the myocardium for diagnostic and therapeutic procedures in invasive cardiology. *Curr. Interv. Cardiol. Rep.* 2000; 2 (1): 27–37.

Поступила 26.05.2025

Принята к печати 23.06.2025