

М.А. Шляппо, С.А. Александрова, Л.А. Юрпольская, В.Н. Макаренко

ВЕНОЗНОЕ РУСЛО И ПРИОБРЕТЕННЫЕ ПОРОКИ СЕРДЦА: ВЗГЛЯД ЛУЧЕВОГО ДИАГНОСТА

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

Шляппо Мария Александровна, рентгенолог, orcid.org/0000-0001-6264-8919;

Александрова Светлана Александровна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., orcid.org/0000-0002-7795-9709;

Юрпольская Людмила Анатольевна, доктор мед. наук, вед. науч. сотр., orcid.org/0000-0001-7780-2405;

Макаренко Владимир Николаевич, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением, orcid.org/0000-0002-8700-7592

Цель. С помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) соотнести морфометрию коронарных вен с функциональными параметрами сердца у пациентов с приобретенными пороками сердца (ППС) и сопутствующей легочной гипертензией.

Материал и методы. Магнитно-резонансные исследования выполнены 50 пациентам, разделенным на две группы: 30 относительно здоровым пациентам (контрольная группа) и 20 пациентам с ППС и сопутствующей легочной гипертензией (ЛГ). В стандартный протокол МР-исследования включена программа трехмерного сканирования сердца на фоне контрастного усиления.

Результаты. При сравнении групп выявлено расширение коронарного синуса (КС) и главных вен у пациентов с ППС по сравнению с группой контроля ($p \leq 0,05$). При проведении парного корреляционного анализа выявлена значимая взаимосвязь между диаметром устья КС и конечным диастолическим (КДО) и конечный систолическим объемами (КСО) правого желудочка, как в контрольной группе, так и в группе пациентов с патологией ($p \leq 0,05$). В группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ также отмечена статистическая взаимосвязь между диаметром устья КС с индексом эксцентричности ($R=0,57$; $p=0,005$).

Заключение. МРТ позволяет определить гемодинамические изменения и их проявления на венозном русле сердца. Расширение коронарного венозного русла сердца более чувствительно к изменениям правого желудочка, чем левого.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; коронарный синус; венозное коронарное русло; коронарные вены; расширение коронарного синуса; 3D whole-heart.

Для цитирования: Шляппо М.А., Александрова С.А., Юрпольская Л.А., Макаренко В.Н. Венозное русло и приобретенные пороки сердца: взгляд лучевого диагноста. *Креативная кардиология*. 2018; 12 (3): 250–9. DOI: 10.24022/1997-3187-2018-12-3-250-259

Для корреспонденции: Шляппо Мария Александровна, e-mail: mariyashlyappo@mail.ru

М.А. Shlyappo, S.A. Aleksandrova, L.A. Yurpol'skaya, V.N. Makarenko

VENOUS SYSTEM AND VALVULAR HEART DISEASE: THE RADIOLOGIST'S VIEW

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Maria A. Shlyappo, Radiologist, orcid.org/0000-0001-6264-8919;

Svetlana A. Aleksandrova, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, orcid.org/0000-0002-7795-9709;

Lyudmila A. Yurpol'skaya, Dr Med. Sc., Leading Researcher, orcid.org/0000-0001-7780-2405;

Vladimir N. Makarenko, Dr Med. Sc., Professor, Head of Department, orcid.org/0000-0002-8700-7592

Objective. To correlate the morphometric parameters of coronary veins with functional parameters parameters of the heart in patients with valvular heart diseases (VHD) by magnetic resonance imaging (MRI).

Material and methods. MRI studies were performed 50 patients divided into two groups: 30 patients without (control group) and 20 with VHD and pulmonary hypertension. In the standard protocol of the cardiac MRI, the three-dimensional scan program of the heart was included.

Results. The coronary sinus (CS) and the main veins were enlarged in patients with VHD compared with the control group ($p \leq 0.05$). When conducting a pair correlation analysis, a significant correlation between the CS mouth diameter and end-diastolic volume and end-systolic volume of the right ventricular, both in the control group and in the group of pathology ($p \leq 0.05$). In the group of VHD patients and pulmonary hypertension, a statistical relationship between the diameter of the CS mouth and the eccentricity index was also noted ($R=0.57$; $p=0.005$).

Conclusions. MRI allows to determine hemodynamic changes and their reflection on the venous system of the heart. Expansion of the coronary venous system of the heart is more sensitive to right ventricular changes than left ventricular ones.

Keywords: magnetic resonance tomography; coronary sinus; venous coronary course; coronary veins; coronary sinus dilatation; 3D whole-heart.

For citation: Shlyappo M.A., Aleksandrova S.A., Yurpol'skaya L.A., Makarenko V.N. Venous system and valvular heart disease: the radiologist's view. *Creative Cardiology*. 2018; 12 (3): 250–9 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2018-12-3-250-259.

For correspondence: Mariya A. Shlyappo, e-mail: mariyashlyappo@mail.ru

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received June 01, 2018
Accepted June 15, 2018

Достоверное и реалистичное изображение детальной анатомии сердца сегодня жизненно необходимо на любом этапе терапевтического и хирургического мониторинга, но еще больший интерес вызывают современные возможности в углубленном изучении гемодинамики, включая особенности кровотока в конкретном бассейне. Так, в последние годы возрос интерес к изучению коронарного венозного русла, что обусловлено прежде всего связью изменений венозного русла с недостаточностью кровообращения. Хроническая сердечная недостаточность, или недостаточность кровообращения, может быть исходом практически любого заболевания сердечно-сосудистой системы. К сожалению, мировая статистика не фиксирует снижение смертности от сердечно-сосудистой патологии. Поэтому поиск ранних доклинических предикторов развития декомпенсации является первостепенной диагностической задачей. Появившаяся магнитно-резонансная методика дает возможность более глубокого понимания кровотока в различных сосудистых бассейнах согласно фазам цикла, что предоставляет реальные шансы понимания физиологии кровотока в естественных условиях при любой патологии сердечно-сосудистой системы.

Объем венозного русла сердца величина не постоянная, достаточно быстро реагирующая на изменения сердечно-сосудистой системы [1]. Сложные механизмы регуляции притока/оттока крови в коронарном бассейне известны теоретически, поскольку изучение их в эксперименте фактически невозможно. До недавнего времени количественная оценка кровотока в коронарных венах основывалась на инвазивных измерениях при чреспищеводном ультразвуковом исследовании и использовалась для оценки резерва коронарного кровотока [2]. Благодаря внедрению в практику 3D- и 4D-изображений сердца и сосудов в мировой медицинской визуализации произошли революционные изменения. Развитие методик магнитно-резонансного сканирования, позволяющих получать объемное сканирование сердца, дает возможность оценки его сосудистого русла, как артериального, так и венозного.

Изучение венозного компонента интересно в связи со способностью вен к изменчивости тонуса стенок и различного наполнения. Одним из наиболее изменчивых параметров в системе кровообращения является радиус сосуда, вносящий главный вклад в создание сопротивления току крови и лучше проявляющийся в венозной

системе [3]. Отмечается увеличение размера крупных вен сердца у пациентов с сердечной недостаточностью в зависимости от ее стадии, что, вероятно, связано с явлениями застоя и уменьшением скорости кровотока [1].

Очевидно, что углубленные знания патофизиологии кровообращения будут способствовать выявлению возможных ранних предикторов осложнений течения и в целом прогноза заболевания. Так, практика показывает, что у больных с пороками клапанов сердца операция наиболее эффективна на более ранней стадии развития заболевания, до появления развернутой картины хронической сердечной недостаточности. Приобретенные пороки сердца (ППС), сочетающиеся с перегрузкой правых отделов давлением, являются достаточно частой патологией и представляют интересный пример для рассмотрения изменений венозного русла.

Цель исследования с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) – соотнести морфометрию коронарных вен с функциональными параметрами сердца у пациентов с ППС.

Материал и методы

Магнитно-резонансные исследования выполнены 50 пациентам, разделенным на две группы. В 1-ю группу, контрольную, вошли 30 пациентов с единичными желудочковыми экстрасистолами или пароксизмальной формой фибрилляции предсердий (возраст $41,3 \pm 10,5$ года, вес $70 \pm 12,5$ кг, рост $169 \pm 8,2$ см). Пациенты были направлены на МРТ-исследования сердца для исключения миокардита. Во 2-ю (группу пациентов с патологией) вошли 20 пациентов с ППС (возраст $59 \pm 6,7$ года, вес $70,3 \pm 11,6$ кг, рост $164,5 \pm 7,9$ см). Критерии включения в группу пациентов с патологией: наличие клапанного порока сердца митрального клапана или комбинированного поражения аортального и митрального клапанов с сопутствующей легочной гипертензией (ЛГ), равной или большей

50 мм рт. ст., при этом отсутствие оперативных вмешательств на сердце в анамнезе. Критерии исключения: возраст младше 18 лет, беременность, наличие металлических имплантов в организме, с которыми противопоказано проводить МР-исследования; клаустрофобия, отягощенный аллергоанамнез на контрастные препараты и выраженная почечная недостаточность.

Магнитно-резонансную томографию сердца проводили с использованием томографов Magnetom Avanto 1,5 Тл (Siemens, Германия) и Achieva 3 Тл (Philips, Нидерланды) в положении пациента лежа на спине с использованием многоканальной поверхностной катушки для тела и ЭКГ-синхронизации. В ходе исследования применяли импульсные последовательности быстрого спин-эхо (HASTE) и градиентного эхо (TrueFISP). Сканирование сердца для расчета функциональных параметров производили с использованием стандартных 4- и 2-камерных проекций левого желудочка (ЛЖ), короткой оси ЛЖ, плоскостей выводных отделов правого желудочка (ПЖ) и ЛЖ. В стандартный протокол МР-исследования сердца была добавлена программа трехмерного сканирования сердца на фоне контрастного усиления (3D whole-heart, Siemens, Германия; 3D TFE NAV, Philips, Нидерланды). Внутривенное введение гадолинийсодержащего препарата входило в стандартный протокол сканирования сердца с целью выявления воспалительных/поствоспалительных изменений (отека, фиброза миокарда). Контрастирование включало внутривенное введение препарата с помощью автоматического инжектора в дозе из расчета молярности контраста на килограмм веса пациента со скоростью 3 мл/с. Анализ полученных изображений осуществлялся на постпроцессорных станциях Argus (Siemens, Германия) и Qmass (Medis, Нидерланды).

Нормальность распределения количественных данных оценивалась критерием Шапиро–Уилка. Полученные значения количественных признаков представлены

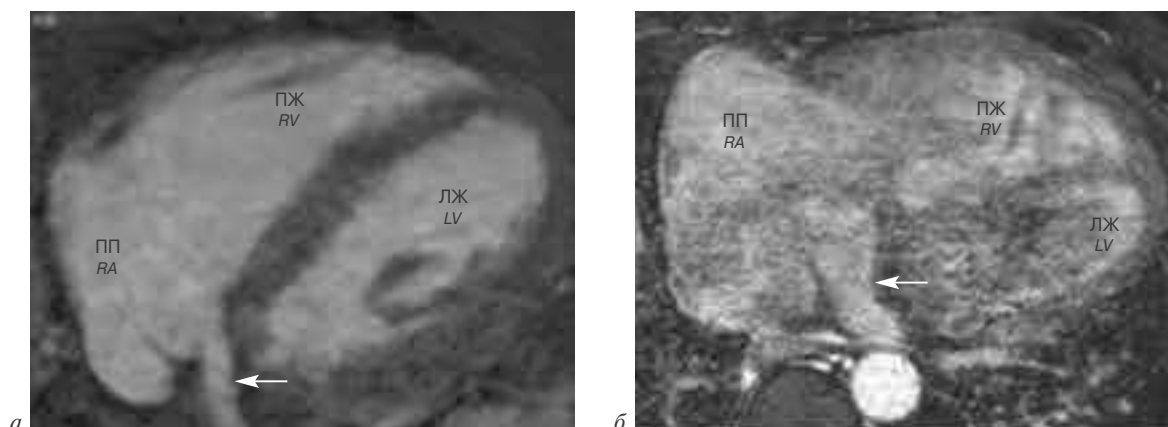


Рис. 1. Визуализация коронарного синуса (указан стрелкой):

а – у относительно здорового пациента (контрольная группа); *б* – у пациента с сочетанным аортально-митральным пороком сердца и сопутствующей легочной гипертензией.

ЛЖ – левый желудочек; ПЖ – правый желудочек; ПП – правое предсердие.

Fig. 1. Coronary sinus visualization (indicated by arrow):

а – patient of control group; *б* – patient with valvular heart diseases and pulmonary hypertension.

LV – left ventricle; RA – right atrium; RV – right ventricle.

в форме среднего со стандартным отклонением ($M \pm SD$) или медианы и первого и третьего квартилей. Достоверность различий средних значений определяли с использованием двухстороннего *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок в случае нормального распределения значений и с применением непараметрического критерия Манна–Уитни в иных случаях. Взаимосвязь размера КС с функциональными и анатомическими параметрами в контрольной группе и группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ была оценена с помощью корреляционного анализа. Уровень значимости был принят как $p < 0,05$.

Результаты

Анатомия коронарного синуса (КС) и главных вен была визуализирована у всех пациентов. Аномалий коронарного венозного русла не выявлено, так как большая вена сердца (БВС), срединная вена сердца (СВС), задняя вена левого желудочка (ЗВЛЖ) и передняя межжелудочковая вена (ПМЖВ) впадали в КС у всех обследованных пациентов. Нами была получена хорошая визуализация венозного коронарного русла у пациентов двух групп.

При сравнении контрольной группы и группы пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ выявлено расширение КС и основных коронарных вен у пациентов с ППС. Диаметр вен было принято считать максимальную ширину сосуда. Диаметр устья КС в контрольной группе составил $7,35 \pm 1,05$ мм, в группе патологии – $12,57 \pm 2,24$ мм ($t = 7,90$, $p = 0,00005$) (рис. 1).

Диаметр БВС в 1-й группе составил $6,88 \pm 0,64$ мм, во 2-й – $10,17 \pm 1,57$ мм ($t = 7,37$, $p = 0,00005$). Диаметр СВС в 1-й группе составил $3,18 \pm 0,52$ мм, во 2-й – $5,43 \pm 1,10$ мм ($t = 7,23$, $p = 0,00005$). Диаметр ЗВЛЖ в 1-й группе был $2,24 \pm 0,33$ мм, во 2-й – $3,47 \pm 0,66$ мм ($t = 6,54$, $p = 0,00005$). Диаметр ПМЖВ в 1-й группе составил $3,37 \pm 0,48$ мм, во 2-й – $5,41 \pm 0,99$ мм ($t = 7,74$, $p = 0,00005$). Помимо вышеперечисленного отмечено значимое увеличение протяженности КС в группе пациентов с патологией ($6,69 \pm 1,77$ мм) по сравнению с группой контроля – $2,86 \pm 0,78$ мм ($t = 7,21$, $p = 0,00005$) (табл. 1).

Для определения взаимосвязи между венозной анатомией и морфофункциональными характеристиками обоих желудочков в двух группах были рассчитаны средние

**Сравнительный анализ анатомических параметров
венозного русла сердца в двух группах**

Comparative analysis of the anatomical parameters of the venous anatomy of the heart in two groups

Параметр	M±SD в группе контроля (n=30)	M±SD в группе патологии (n=20)	Двухсторонний t-критерий независимых выборок	p
Диаметр устья КС, мм	7,35±1,05	12,57±2,24	7,90	0,00005
Протяженность КС, мм	2,86±0,78	6,69±1,77	7,21	0,00005
Диаметр БВС, мм	6,88±0,64	10,17±1,57	7,37	0,00005
Диаметр СВС, мм	3,18±0,52	5,43±1,10	7,23	0,00005
Диаметр ЗВЛЖ, мм	2,24±0,33	3,47±0,66	6,54	0,00005
Диаметр ПМЖВ, мм	3,37±0,48	5,41±0,99	7,74	0,00005

Примечание. БВС – большая вена сердца; ЗВЛЖ – задняя вена левого желудочка; КС – коронарный синус; ПМЖВ – передняя межжелудочковая вена; СВС – срединная вена сердца.

конечный диастолический (КДО) и конечный систолический объемы (КСО) ПЖ, средний ударный объем (УО) ПЖ, оценен индекс эксцентричности ЛЖ, характеризующий степень смещения межжелудочковой перегородки (D2/D1, где D1 – расстояние от эндокардиальной поверхности межжелудочковой перегородки до эндокардиальной поверхности заднебоковой стенки ЛЖ в парастернальной коротко-аксиллярной позиции, D2 – расстояние между эндокардиальными поверхностями передней и нижней стенок ЛЖ в парастернальной коротко-аксиллярной позиции). Также определен индекс ремоделирования ПЖ RV-RWT, который был рассчитан соотношением толщины стенки ПЖ и линейного размера полости на базальном уровне в диастолу.

По полученным результатам фракция выброса ПЖ в контрольной группе составила 47,28±9,02%, в группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ она была достоверно меньше и составила 40,95±10,86% (t=2,52, p=0,01302). КДО ПЖ в 1-й группе был 155,75±40,919 мл, во 2-й – 168,62±57,097 мл (t=-1,0638, p=0,28991). КСО ПЖ в контрольной группе был 84,36±29,95 мл, во 2-й – 102,32±42,51 мл (t=-1,9275, p=0,0566).

УО ПЖ в 1-й группе составил 71,27±19,08 мл, во 2-й – 70,24±30,96 мл (t=0,1380, p=0,8905) (рис. 2).

Фракция выброса ЛЖ в группе относительно здоровых пациентов была 66,13±8,22%, в группе пациентов с ППС – 57,70±12,39% (t=3,3382, p=0,0011). КДО ЛЖ в 1-й группе был 137,36±29,87 мл, во 2-й – 162,60±50,60 мл (t=-2,5183, p=0,0133).

При проведении парного корреляционного анализа выявлена значимая прямая взаимосвязь между диаметром устья КС и КДО ПЖ, КСО ПЖ, как в контрольной группе, так и в группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ (см. рис. 2). Взаимосвязи между объемами ЛЖ и диаметром устья КС в двух группах получено не было (табл. 2).

В группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ также выявлена прямая взаимосвязь между диаметром устья КС и индексом эксцентричности ЛЖ.

По фазово-контрастным сериям МРТ был рассчитан ударный объем в КС. В 1-й группе он составил 0,78 мл [0,4; 1,29], в группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ – 1,044 мл [0,87; 2,26] (U=-1,6; p=0,09). В группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ выявлена прямая взаимо-

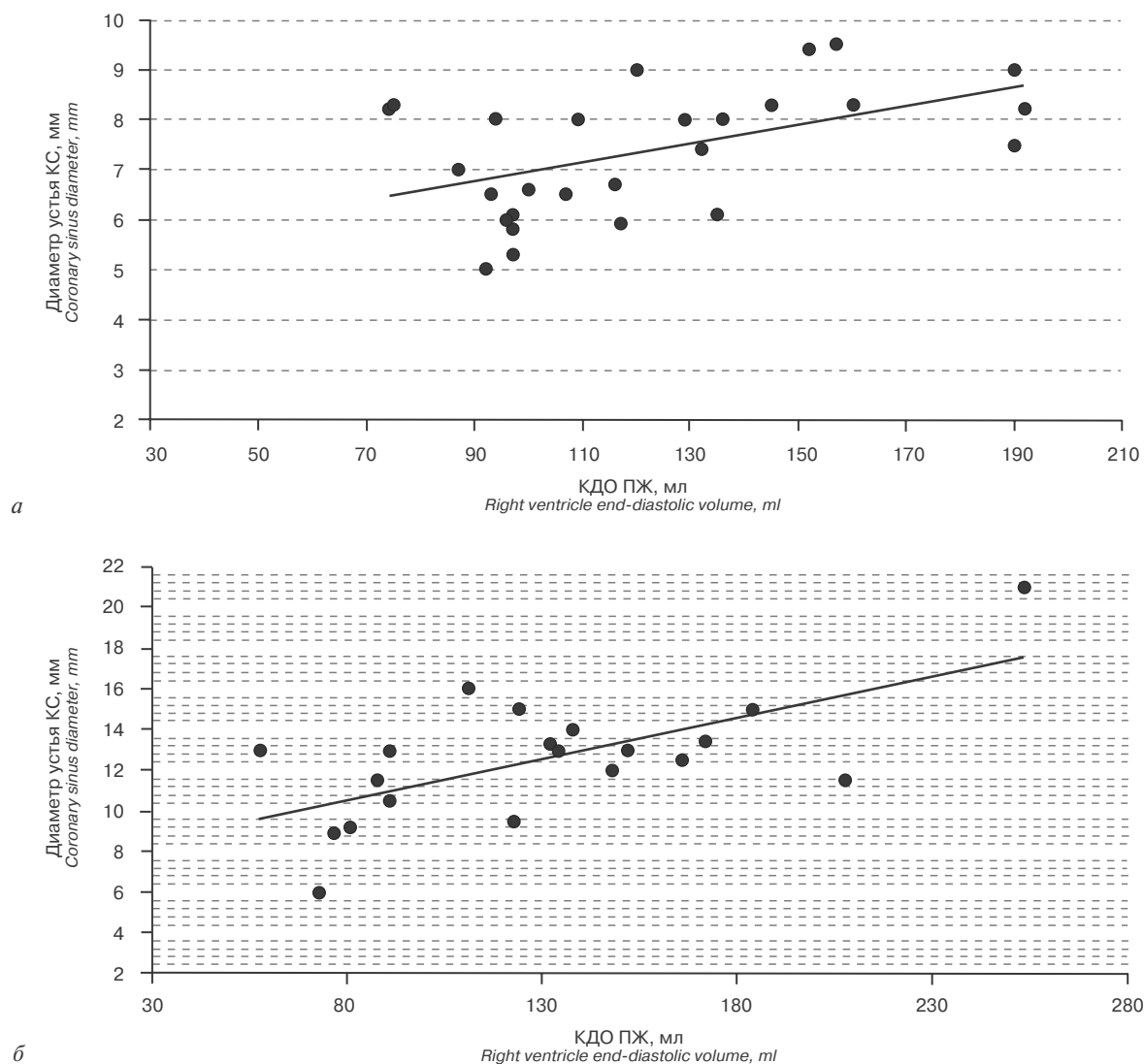


Рис. 2. Влияние конечного диастолического объема правого желудочка на диаметр устья коронарного синуса в группах:

а – относительно здоровых пациентов; б – пациентов с патологией

Fig. 2. The correlation of the right ventricle end-diastolic volume on the coronary sinus diameter in the groups:

а – control group; б – group of pathology

связь между диаметром КС и ударным объемом ($r^2=0,42$, $t=3,48$, $p=0,005$).

Обсуждение

Визуализация коронарного русла сердца стала возможна с помощью использования трехмерной программы сканирования, МР-ангиографии, позволяющей оценить анатомию коронарных артерий и вен [4]. Применение данного протокола сканиро-

вания предполагает использование метода «полного охвата сердца» с ЭКГ-синхронизацией и МР-навигатором, заданным на правый купол диафрагмы. В литературных источниках отмечены доказательные работы о том, что МР-визуализация коронарных вен сопоставима с «золотым стандартом» – селективной венографией и способна определить до 90% венозного русла сердца в сравнении с ней [5]. По полученным нами

Взаимосвязь диаметра устья коронарного синуса с морфометрическими параметрами в контрольной группе и группе пациентов с патологией

Correlation of the coronary sinus diameter with the morphometric parameters in the control group and in the group of patients with valvular heart diseases

Параметр	Контрольная группа			Пациенты с ППС		
	Коэффициент корреляции Пирсона, r	Коэффициент детерминации, r^2	p	Коэффициент корреляции Пирсона, r	Коэффициент детерминации, r^2	p
КДО ПЖ, мл	0,5	0,25	0,01	0,65	0,42	0,005*
КСО ПЖ, мл	0,47	0,22	0,01	0,56	0,32	0,01*
УО ПЖ, мл	0,35	0,12	0,07	0,11	0,01	0,67
D_2/D_1	-0,27	0,07	0,17	0,75	0,57	0,005*
RV/RWT	0,03	0	0,9	0,03	0	0,9
КДО ЛЖ, мл	0,35	0,12	0,07	-0,27	0,08	0,25
КСО ЛЖ, мл	0,35	0,12	0,07	-0,28	0,08	0,25
УО ЛЖ, мл	-0,13	0,02	0,52	-0,12	0,01	0,63
СИ	-0,29	0,09	0,14	-0,01	0	0,95

Примечание. КДО – конечный диастолический объем; КСО – конечный систолический объем; ЛЖ – левый желудочек; ПЖ – правый желудочек; СИ – сердечный индекс; УО – ударный объем; D_2/D_1 – индекс эксцентричности; RV-RWT – индекс ремоделирования ПЖ.

* $p < 0,05$ – различия статистически достоверны.

результатам достигнута хорошая визуализация венозного русла, как в группе относительно здоровых пациентов, так и в группе пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ.

В системе кровообращения длина сосудов довольно постоянная величина, а диаметр сосуда и вязкость крови – переменные параметры. Наиболее изменчивым является диаметр сосуда, так как именно он вносит главный вклад в создание сопротивления току крови при различных состояниях организма [3]. По полученным нами результатам отмечено значимое расширение диаметра вен у пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ. В литературных источниках приведены данные о том, что венозная система, а именно КС, у больных с хронической сердечной недостаточностью претерпевает существенные изменения, значимо увеличиваясь в размерах [1].

Благодаря магнитно-резонансной томографии оценка морфометрии и функции

ПЖ в естественных условиях стала возможной. МРТ дает возможность детализированно и непосредственно визуализировать форму и внутреннюю морфологию ПЖ, а также его ремоделирование [6]. Тем не менее, несмотря на значительные преимущества МР-исследований, на сегодняшний день исследований по изучению ремоделирования ПЖ и проведению корреляций с клиническими параметрами больше с использованием эхокардиографии [7–9]. Приобретенные пороки сердца, сочетающиеся с перегрузкой правых отделов давлением, являются распространенной патологией и служат причиной правожелудочковой недостаточности. Патологическая нагрузка правых отделов приводит к изменению их функциональной анатомии, форме ПЖ, выпрямлению межжелудочковой перегородки и контрактильной дисфункции ПЖ [10]. В проведенном авторами исследовании подтверждены данные о том, что ЛГ приводит

к дилатации полостей ПП и ПЖ и к функциональному ухудшению, связанному с неблагоприятным клиническим исходом. Кроме того, индекс эксцентричности ЛЖ, рассчитанный с помощью 3D-ЭхоКГ, описан как оптимальный показатель в прогнозировании ухудшения пациентов с ЛГ [8]. Полученная нами зависимость между диаметром устья КС и индексом эксцентричности ЛЖ подтверждает то, что при повышении систолического давления в легочной артерии происходит расширение КС.

В экспериментальном исследовании было показано, что значительное увеличение выбрасываемой крови правого предсердия в КС определено увеличением давления в правом предсердии [11]. Иными словами, дисфункция ПЖ может приводить к увеличению давления в правом предсердии, вызывая увеличение выбрасываемой крови из предсердия в КС. Функциональная трикуспидальная регургитация, вторичная по отношению к ЛГ и дилатации ПЖ, при которой трикуспидальная струя избирательно направляется в КС, может быть другим потенциальным механизмом расширения КС [12].

Увеличение полости ПЖ в группе пациентов с ППС не противоречит литературным данным об увеличении объема ПЖ вследствие ЛГ. По нашим данным, расширение КС связано с увеличением как с КДО, так и с КСО ПЖ, в то же время взаимосвязи с объемами ЛЖ получено не было. Это позволяет утверждать, что венозное русло чувствительнее к изменениям ПЖ, чем ЛЖ.

Взаимосвязи между КС и индексом RV-RWT нами получено не было. По литературным данным, описанный параметр использовался для оценки проводимого лечения у пациентов с ЛГ [13]. Возможно, его изменения необходимо рассматривать в динамическом наблюдении, а при однократном измерении четкой корреляции получить не удалось.

К значимым изменениям в венозном русле приводит и измененный кровоток

в сердце. Основным фактором, влияющим на продвижение крови к сердцу по венозной системе, является кровяное давление. Высота венозного кровяного давления в нормальных условиях зависит главным образом от притока крови в венозную систему, от тонуса венозной системы и от функциональной способности правого сердца [14]. У пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ, то есть с правожелудочковым поражением, нами выявлено снижение скорости кровотока в КС. Данные результаты подтверждают литературные источники о взаимосвязи уменьшения коронарного резерва, измеренного в КС при фармакологической нагрузке на МРТ, с увеличением уровня мозгового натрийуретического пептида, маркера желудочковой дисфункции (BNP) [15].

Таким образом, венозная система сердца, являясь высокочувствительной к изменениям общего и внутрисердечного кровотока, очень рано реагирует на минимальную ЛГ. Уже незначительное увеличение давления в коронарной венозной системе провоцирует расширение вен по компенсаторному механизму. В свою очередь увеличение размеров КС и крупных вен сердца зависит от стадии хронической сердечной недостаточности. Поэтому ранняя диагностика морфофункциональных параметров кардиальных вен может стать важной клинической задачей, решение которой позволит выявить ранние признаки изменений венозного русла сердца и в соответствии с этим своевременно разработать стратегию лечения, направленную на предотвращение осложнений и снижения операционного риска у пациентов кардиохирургического профиля.

На современном этапе развитие методик МР-сканирования дает возможность проводить объемное сканирование сердца с целью изучения его сосудистого русла в комплексе с изменением гемодинамики и непосредственно состояния миокарда при различных патологиях сердца и сосудов. Можно сказать, что сегодня МРТ

является уникальным методом, позволяющим в естественных условиях более глубоко и всесторонне оценивать и мониторировать патофизиологические изменения сердечно-сосудистой системы, включая коронарное венозное русло. Несмотря на это, в клинической практике продолжают рутинно использовать у одного пациента все инструментальные методы диагностики. Очевидно, что более рациональное применение той или иной методики обследования согласно клинической ситуации позволит оптимизировать подход к диагностике, разработать алгоритм обследования, определяющий своевременность лечения и его выбор, а углубленные знания патофизиологии кровообращения будут способствовать выявлению возможных ранних предикторов осложнений течения и в целом прогноза заболевания.

Выводы

1. Магнитно-резонансная томография позволяет определить гемодинамические изменения и их проявления на венозном русле сердца.

2. У пациентов с ППС и сопутствующей ЛГ отмечено расширение венозного русла сердца по сравнению с пациентами без кардиальной патологии.

3. Отмечается прямая взаимосвязь между диаметром КС и объемом ПЖ (как КДО, так и КСО), а также с индексом эксцентричности ЛЖ.

4. Расширение коронарного русла сердца более чувствительно к изменениям ПЖ, чем ЛЖ.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Акамова О.Н., Коц Я.И., Железнов Л.М., Сеницын В.Е. Клинико-морфологическое состояние венозного синуса при хронической сердечной недостаточности. *Вестник аритмологии*. 2008; 54: 20–4.

2. Врублевский А.В., Бошенко А.А., Пекарская М.В., Шипулин В.М., Крылов А.Л., Семенова Ю.В., Карпов Р.С. Чреспищеводное доплерографическое исследование коронарного резерва в коронарном синусе в диагностике гемодинамически значимых стенозов в оценке эффективности реваскуляризационных вмешательств в бассейне левой коронарной артерии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2005; 1: 83–100.
3. Агаджанян Н.А., Смирнов В.М. Нормальная физиология: Учебник для студентов медицинских вузов. М.: Медицинское информационное агентство; 2007.
4. Iyama Y., Nakaura T., Kidoh M., Kawahara T., Sakaino N., Harada K. et al. Single-breath-hold whole-heart coronary MRA in healthy volunteers at 3.0MRI. *Springerplus*. 2014; 3: 667. DOI: 10.1186/2193-1801-3-667.
5. Lam A., Mora-Vieira L.F., Hoskins M., Lloyd M., Oshinski J.N. Performance of 3D, navigator-echo gated, contrast-enhanced, magnetic resonance coronary vein imaging in patients undergoing CRT. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2014; 41 (2): 155–60. DOI: 10.1007/s10840-014-9934-7.
6. Базарсадаева Т.С. Исследование функции правого желудочка сердца при митральных пороках. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2005; 6 (2): 5–13
7. Von Siebenthal C., Aubert J.D., Mitsakis P., Yerly P., Prior J.O., Nicod L.P. Pulmonary hypertension and indicators of right ventricular function. *Front. Med. (Lausanne)*. 2016; 3: 23. DOI: 10.3389/fmed.2016.00023.
8. Grapsa J., Gibbs J.S., Cabrita I.Z., Watson G.F., Pavlopoulos H., Dawson D. et al. The association of clinical outcome with right atrial and ventricular remodeling in patients with pulmonary arterial hypertension: study with real-time three-dimensional echocardiography. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2012; 13 (8): 666–72. DOI: 10.1093/ehjci/jes003.
9. Аверина И.И., Бокерия О.Л., Мироненко М.Ю., Кислицына О.Н. Предикторы возникновения сердечной недостаточности в послеоперационном периоде по данным эхокардиографии с тканевым доплером и метода слежения частиц (Speckle tracking) у больных с приобретенными пороками сердца. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2015; 16 (2): 49–60.
10. Бокерия Л.А., Бусленко Н.С., Бузиашвили Ю.И., Кокшенева И.В., Можина А.А. Дисфункция миокарда правого желудочка при ишемической болезни сердца (анатомия, патофизиология, диагностика, клиническое значение в кардиохирургии). М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2010: 67–8.
11. Mathey D.G., Chatterjee K., Tyberg J.V., Lekven J., Brundage B., Parmley W.W. Coronary sinus reflux. A source of error in the measurement of thermodi-

- lution coronary sinus flow. *Circulation*. 1978; 57 (4): 778–86.
12. Yuce M., Davutoglu V., Yavuz S., Sari I., Kizilkan N., Ercan S. et al. Coronary sinus dilatation is associated with left ventricular systolic dysfunction and poor functional status in subjects with chronic heart failure. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2010; 26 (5): 541–5. DOI: 10.1007/s10554-010-9610-7.
 13. Sano H., Tanaka H., Motoji Y., Fukuda Y., Mochizuki Y., Hatani Y. et al. Right ventricular relative wall thickness as a predictor of outcomes and of right ventricular reverse remodeling for patients with pulmonary hypertension. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 33 (3): 313–21. DOI: 10.1007/s10554-016-1004-z.
 14. Теплов И.Т. Скорость кровообращения у человека в нормальных и некоторых патологических условиях. Л.; 1941: 50–3.
 15. Kato S., Saito N., Kirigaya H., Gyoyoku H., Iinuma N., Kusakawa Y. et al. Impairment of coronary flow reserve evaluated by phase contrast cine-magnetic resonance imaging in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *J. Am. Heart Assoc*. 2016; 5 (2). DOI: 10.1161/JAHA.115.002649.

References

1. Akaemova O.N., Kots Ya.I., Zheleznov L.M., Sinitsyn V.E. Clinical and morphological state of coronary sinus in chronic heart failure. *Journal of Arrhythmology*. 2008; 354: 20–4 (in Russ.).
2. Vrublevskiy A.V., Boshchenko A.A., Pekarskaya M.V., Shipulin V.M., Krylov A.L., Semenova Yu.V., Karpov R.S. Transesophageal Doppler study of coronary flow reserve in the coronary sinus in the diagnostics of hemodynamically significant stenosis and assessment of successful revascularization in the left coronary artery territory. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2005; 1: 83–100 (in Russ.).
3. Agadzhanyan N.A., Smirnov V.M. Normal physiology: A textbook for students of medical universities. Moscow; 2007 (in Russ.).
4. Iyama Y., Nakaura T., Kidoh M., Kawahara T., Sakaino N., Harada K. et al. Single-breath-hold whole-heart coronary MRA in healthy volunteers at 3.0MRI. *Springerplus*. 2014; 3: 667. DOI: 10.1186/2193-1801-3-667.
5. Lam A., Mora-Vieira L.F., Hoskins M., Lloyd M., Oshinski J.N. Performance of 3D, navigator-echo gated, contrast-enhanced, magnetic resonance coronary vein imaging in patients undergoing CRT. *J. Interv. Card. Electrophysiol*. 2014; 41 (2): 155–60. DOI: 10.1007/s10840-014-9934-7.
6. Bazarsadaeva T.S. Research of the right ventricle function of the mitral heart disease. *The Bulletin of Bakoulev Center for Cardiovascular Diseases*. 2005; 6 (2): 5–13 (in Russ.).
7. Von Siebenthal C., Aubert J.D., Mitsakis P., Yerly P., Prior J.O., Nicod L.P. Pulmonary hypertension and indicators of right ventricular function. *Front. Med. (Lausanne)*. 2016; 3: 23. DOI: 10.3389/fmed.2016.00023.
8. Grapsa J., Gibbs J.S., Cabrita I.Z., Watson G.F., Pavlopoulos H., Dawson D. et al. The association of clinical outcome with right atrial and ventricular remodeling in patients with pulmonary arterial hypertension: study with real-time three-dimensional echocardiography. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2012; 13 (8): 666–72. DOI: 10.1093/ehjci/jes003.
9. Averina I.I., Bockeria O.L., Mironenko M.Yu., Kisilitsina O.N. Predictors of cardiac arrhythmias in the postoperative period by echocardiography with tissue Doppler and particle tracking method (speckle tracking) in patients with heart valve disease. *The Bulletin of Bakoulev Center for Cardiovascular Diseases*. 2015; 16 (2): 49–60 (in Russ.).
10. Bockeria L.A., Buslenko N.S., Buziashvili Ju.I., Koksheneva I.V., Mozhina A.A. Right ventricular myocardial dysfunction in ischemic heart disease (anatomy, pathophysiology, diagnosis, clinical significance in cardiac surgery). Moscow; 2010: 67–8 (in Russ.).
11. Mathey D.G., Chatterjee K., Tyberg J.V., Lekven J., Brundage B., Parmley W.W. Coronary sinus reflux. A source of error in the measurement of thermodilution coronary sinus flow. *Circulation*. 1978; 57 (4): 778–86.
12. Yuce M., Davutoglu V., Yavuz S., Sari I., Kizilkan N., Ercan S. et al. Coronary sinus dilatation is associated with left ventricular systolic dysfunction and poor functional status in subjects with chronic heart failure. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2010; 26 (5): 541–5. DOI: 10.1007/s10554-010-9610-7.
13. Sano H., Tanaka H., Motoji Y., Fukuda Y., Mochizuki Y., Hatani Y. et al. Right ventricular relative wall thickness as a predictor of outcomes and of right ventricular reverse remodeling for patients with pulmonary hypertension. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 33 (3): 313–21. DOI: 10.1007/s10554-016-1004-z.
14. Teplov I.T. The circulation velocity of a person's normal and some pathological conditions. Leningrad; 1941: 50–3 (in Russ.).
15. Kato S., Saito N., Kirigaya H., Gyoyoku H., Iinuma N., Kusakawa Y. et al. Impairment of coronary flow reserve evaluated by phase contrast cine-magnetic resonance imaging in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *J. Am. Heart Assoc*. 2016; 5 (2). DOI: 10.1161/JAHA.115.002649.