

DOI: 10.15825/1995-1191-2026-2-68-75

## ВАСКУЛОПАТИЯ ТРАНСПЛАНТИРОВАННОГО СЕРДЦА ПО ДАННЫМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

Г.А. Тетерин, Н.А. Кочергин

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация

**Цель исследования:** определить частоту выявления васкулопатии трансплантированного сердца (ВТС) с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) у пациентов после ортотопической трансплантации сердца (ОТС) и проанализировать ее влияние на клинические исходы. **Материалы и методы.** Выполнено одноцентровое ретроспективное когортное исследование, в котором были проанализированы данные пациентов, перенесших ОТС в период с 2013-го по 2024 год. Из исследования исключались пациенты с летальным исходом в 30-дневный период после ОТС. Всем пациентам в первую неделю после ОТС проводилась коронароангиография с целью выявления исходных коронарных поражений донорского сердца. В дальнейшем проводился рутинный ангиографический скрининг. При прогрессировании поражений или появлении стенозов *de novo* выполнялась ОКТ с целью оценки морфологии поражений. По результатам ОКТ реципиенты разделились на две группы: пациенты с ВТС и больные без ВТС. Конечными точками исследования были: инфаркт миокарда, реваскуляризация миокарда, кардиальная смерть, снижение фракции выброса левого желудочка в динамике. **Результаты.** В исследование включено 66 пациентов. При проведении ангиографического скрининга у 15 (22,72%) пациентов выявлены поражения коронарных артерий. После выполнения ОКТ только у 10 (15,15%) реципиентов была подтверждена ВТС. Передняя межжелудочковая артерия (ПМЖА) поражалась во всех случаях при ВТС. У пациентов с предшествующими коронарными поражениями медиана времени до первых ангиографических находок составила 3,5 месяца, а у реципиентов без таковых – 25 месяцев. В группе ВТС у 4 (40,00%) пациентов зарегистрирован инфаркт миокарда, а в группе пациентов без ВТС ишемических событий не возникало ( $p < 0,001$ ). Реваскуляризация миокарда потребовалась 7 (70,00%) пациентам с ВТС, в то время как в группе без ВТС была выполнена только одна процедура по поводу исходного поражения ПМЖА ( $p = 0,005$ ). Медиана фракции выброса левого желудочка в группе ВТС снизилась с 66,00% до 57,50%, при этом значимой динамики систолической функции левого желудочка в группе пациентов без ВТС не наблюдалось ( $p = 0,045$ ). **Заключение.** ОКТ позволяет диагностировать ВТС, причем во всех случаях локализация ВТС была характерна для бассейна ПМЖА. ВТС развивалась раньше у больных с предшествующим коронарным атеросклерозом. Также ВТС ассоциировалась с риском инфаркта миокарда и коронарной реваскуляризацией, что приводило к снижению фракции выброса левого желудочка с последующим развитием сердечной недостаточности.

*Ключевые слова:* васкулопатия трансплантированного сердца, ортотопическая трансплантация сердца, оптическая когерентная томография, коронароангиография, фракция выброса левого желудочка, коронарный атеросклероз.

## DIAGNOSIS OF CARDIAC ALLOGRAFT VASCULOPATHY USING OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY

G.A. Teterin, N.A. Kochergin

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

**Objective:** to determine the prevalence of cardiac allograft vasculopathy (CAV), detected by optical coherence tomography (OCT), in patients after orthotopic heart transplantation (OHT), and to analyze its impact on clinical outcomes. **Materials and methods.** The single-center retrospective cohort study analyzed data from patients who underwent OHT between 2013 and 2024. Patients who died within 30 days after transplantation were excluded

**Для корреспонденции:** Тетерин Георгий Александрович. Адрес: 650002, Кемерово, бульвар Академика Л.С. Барбараша, д. 6. Тел. (906) 980-67-89. E-mail: gogoshacom@gmail.com

**Corresponding author:** George Teterin. Address: 6, Barbarash boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation. Phone: (906) 980-67-89. E-mail: gogoshacom@gmail.com

from the analysis. All recipients underwent coronary angiography during the first week after transplantation to detect baseline coronary lesions in the donor heart. Subsequently, routine angiographic screening was performed. When lesion progression or development of *de novo* stenoses was suspected, additional evaluation using OCT was carried out to assess lesion morphology. Based on OCT results, recipients were divided into two groups: patients with and without CAV. The study endpoints included myocardial infarction, myocardial revascularization, cardiac death, and a decrease in left ventricular ejection fraction (LVEF) during follow-up. **Results.** The study included 66 patients. Coronary artery disease was detected in 15 patients (22.72%) during angiographic screening. However, subsequent assessment using OCT confirmed CAV in only 10 recipients (15.15%). In all confirmed cases, the left anterior descending (LAD) artery was involved. Among patients with pre-existing coronary lesions, the median time to the first angiographic detection was 3.5 months, compared with 25 months in recipients without baseline lesions. In the CAV group, myocardial infarction occurred in 4 patients (40.0%), whereas no ischemic events were observed in the non-CAV group ( $p < 0.001$ ). Myocardial revascularization was required in 7 patients (70.0%) with CAV, while in the group without this condition, only one procedure was performed for an initial lesion of the LAD artery ( $p = 0.005$ ). Median LVEF in the CAV group decreased from 66.0% to 57.5%, whereas no significant changes in left ventricular systolic function were observed in patients without CAV ( $p = 0.045$ ). **Conclusion.** OCT enables reliable, early detection of CAV. In all confirmed cases, the lesions were localized around the LAD artery. CAV developed earlier in recipients with pre-existing coronary atherosclerosis. Moreover, the presence of CAV was associated with an increased risk of myocardial infarction and the need for coronary revascularization, which was accompanied by a decline in LVEF and subsequent development of heart failure.

*Keywords:* cardiac allograft vasculopathy, orthotopic heart transplantation, optical coherence tomography, coronary angiography, left ventricular ejection fraction, coronary atherosclerosis.

## ВВЕДЕНИЕ

Васкулопатия трансплантированного сердца (ВТС) – это патологическое иммуноопосредованное ремоделирование коронарного русла сердечного аллографта, приводящее к нарушению коронарного кровообращения, и как следствие, к дисфункции трансплантата [1]. ВТС является значимым ограничивающим фактором в продолжительности и качестве жизни пациентов после успешной ортотопической трансплантации сердца (ОТС) [2]. Это состояние встречается у 47% реципиентов донорского сердца спустя 10 лет после ОТС и является главной кардиальной причиной смерти [3, 4]. Более того, быстро прогрессирующая ВТС в течение первого года после ОТС приводит к значимо более высокой частоте смертности или ретрансплантации в течение 5 лет [5].

Клиническая диагностика ВТС затруднена в связи с отсутствием чувствительной иннервации пересаженного сердца, и как следствие, характерной симптоматики боли ишемического происхождения [6]. В 2010 году The International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) предложило коронарную ангиографию (КАГ) как «золотой стандарт» скрининга ВТС [7]. Особенностью васкулопатии является образование диффузных концентрических стенозов, возникающих не только в крупных эпикардальных ветвях, но и на уровне микроциркуляторного русла, в связи с чем возможности КАГ в ранней диагностике ограничены [1, 7, 8]. Более того, процесс формирования стеноза при ВТС двухфазный, и первая фаза включает в себя гиперплазию интимы с од-

номоментным расширением наружной эластической мембраны [1, 9]. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) и оптическая когерентная томография (ОКТ) коронарных артерий доказали свою эффективность в ранней диагностике ВТС [7, 10, 11]. ОКТ обладает разрешающей способностью, в 10 раз превышающей ВСУЗИ, что позволяет получить поперечные изображения в высочайшем разрешении и увидеть самые начальные признаки гиперплазии интимы [11]. По мнению некоторых исследователей, ОКТ является лучшим методом для раннего выявления ВТС [10].

Первичная профилактика ВТС остается сложной задачей для кардиолога, терапевтические и хирургические подходы в лечении такой группы пациентов все еще ограничены [2]. Реваскуляризация миокарда при ВТС имеет ряд ограничений, обусловленных диффузностью поражения коронарного русла, включая микроциркуляторное звено [6].

Таким образом, ВТС остается актуальной проблемой, требующей дальнейших исследований и решений. На уровне клинической медицины раннее выявление и своевременная помощь пациенту с ВТС являются главной задачей современной кардиологии.

**Цель исследования:** определить частоту выявления ВТС с помощью ОКТ у пациентов после ортотопической трансплантации сердца и проанализировать ее влияние на клинические исходы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено одноцентровое ретроспективное когортное исследование, в котором были проанализированы данные пациентов, перенесших ОТС в период с

2013-го по 2024 год. Из исследования исключались пациенты с летальным исходом в 30-дневный период после ОТС. Это обусловлено невозможностью выполнения скрининга ВТС с помощью КАГ и ОКТ в послеоперационном периоде.

Всем реципиентам в первую неделю после ОТС проводилась КАГ с целью выявления исходных коронарных поражений донорского сердца, которые мы считали за трансмиссивный коронарный атеросклероз. В дальнейшем проводилась скрининговая КАГ с периодичностью раз в 6 месяцев в течение первого года после ОТС и с периодичностью раз в 12 месяцев со второго года после операции с целью ранней диагностики ВТС. КАГ также выполнялась вместе с эндомикардиальной биопсией пациентам, поступившим в стационар с появлением или нарастанием клиники сердечной недостаточности. При выявлении коронарных стенозов *de novo* и/или прогрессировании исходных поражений выполнялась ОКТ для определения их морфологии (рис.). Признаками ВТС считали однородную гиперплазию интимы, а атеросклеротической болезни – визуализацию липидных бляшек без признаков интимальной пролиферации.

По результатам ОКТ для дальнейшего анализа все пациенты были разделены на 2 группы: пациенты с ВТС (группа ВТС); пациенты без поражений или с атеросклеротическими поражениями коронарных артерий без признаков ВТС (группа без ВТС).

К конечным точкам исследования относились инфаркт миокарда, реваскуляризация миокарда, отрицательная динамика фракции выброса левого желудочка, кардиальная смерть. Медиана наблюдения за исследуемой выборкой пациентов составила 31,5 мес.

### Статистические методы

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Jamovi версии 2.6.26 для операционной системы Windows 11. Количественные данные, не подходящие под нормальное распределение, представлены с помощью медианного значения и интерквартильного размаха (Me (Q1–Q3)). Нормальность распределения оценивалась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Качественные характеристики представлены с использованием абсолютного числа и процентного соотношения. При оценке статистической значимости для количественных характеристик использовали U-критерий Манна–Уитни, для качественных характеристик – тест Фишера. Критическим уровнем статистической значимости считали 0,05.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

#### Общая характеристика выборки

В исследовании был скринирован 81 пациент, перенесший ОТС. Из исследования исключено 15 больных с летальным исходом в 30-дневный период после



Рис. Дизайн исследования. КА – коронарная артерия; КАГ – коронароангиография; ОКТ – оптическая когерентная томография

Fig. Study design. KA – coronary artery; KAG – coronary angiography; OKT – optical coherence tomography

операции. Таким образом, в исследование включено 66 пациентов. Преобладающая часть (89,40%) исследуемой выборки представлена мужчинами. Медиана возраста составила 56 лет. В исследуемой когорте 60,61% пациентов выполнена ОТС по поводу ишемической кардиомиопатии, 34,85% – по поводу дилатационной кардиомиопатии, на прочие кардиомиопатии пришлось 4,54% реципиентов. Из факторов сердечно-сосудистого риска в исследуемой выборке были представлены: артериальная гипертензия в 74,20% случаев, сахарный диабет – 24,20%, ожирение – 21,20%. Нарушения липидного обмена выявлены у 63,64% пациентов. Экстракоронарные атеросклеротические поражения определялись у 39,40% (табл. 1).

### Ангиографическая характеристика

Исходные коронарные поражения донорского сердца были обнаружены у 13 (19,70%) пациентов. Стеногические изменения коронарного русла были обнаружены в бассейне передней межжелудочковой

артерии (ПМЖА) у 11 (16,67%) пациентов, огибающей артерии (ОА) – у 3 (4,54%), ветви тупого края первого порядка – у 2 (3,03%), правой коронарной артерии (ПКА) – у 5 (7,57%). В ходе наблюдения у 5 пациентов было выявлено прогрессирование стенозов в коронарных артериях. После выполнения ОКТ у 4 реципиентов из 13 с исходными поражениями (30,76%) была установлена ВТС.

В процессе рутинного скрининга коронарные поражения *de novo* были выявлены у 10 (15,15%) пациентов. ОКТ коронарных артерий позволила дифференцировать ВТС и коронарный атеросклероз. Так, у 6 (60,00%) реципиентов из 10 с поражениями *de novo* подтверждена ВТС.

Таким образом, пациенты распределились в группы следующим образом: в первую группу вошли 10 пациентов, у которых была выявлена ВТС по данным ОКТ; во вторую группу определено 56 пациентов без признаков ВТС, в том числе с атеросклеротическими поражениями коронарного русла по результатам ОКТ.

Таблица 1

**Общая характеристика исследуемой когорты пациентов**  
**General characteristics of the study cohort**

Характеристика	Общая выборка пациентов (n = 66)	Группа ВТС (n = 10)	Группа без ВТС (n = 56)	p
<b>Клиническая характеристика</b>				
Возраст, лет, Ме (Q1–Q3)	56,00 (50,30–61,00)	59,50 (53,50–63,00)	56,00 (48,50–60,30)	0,152
Мужчины, n (%)	59 (89,40)	9 (90,00)	50 (89,30)	1,000
ИКМП, n (%)	40 (60,61)	9 (90,00)	31 (55,36)	0,075
ДКМП, n (%)	23 (34,85)	1 (10,00)	22 (39,30)	0,146
Прочие КМП, n (%)	3 (4,54)	0	3 (5,36)	0,454
Гипертоническая болезнь, n (%)	49 (74,24)	10 (100,00)	39 (69,64)	0,053
Сахарный диабет, n (%)	16 (24,24)	5 (50,00)	11 (19,64)	0,054
ИМТ, Ме (Q1–Q3)	25,60 (23,80–29,20)	26,6 (24,80–31,00)	25,50 (23,80–28,80)	0,453
Нарушения липидного обмена, n (%)	42 (63,64)	8 (80,00)	34 (60,71)	0,306
МФА, n (%)	26 (39,39)	8 (80,00)	18 (32,14)	0,010
Число кризов острого отторжения трансплантата, Ме (Q1–Q3)	1,50 (1,00–2,00)	1,50 (1,00–2,75)	1,00 (0,50–2,00)	0,491
<b>Ангиографическая характеристика</b>				
Ствол ЛКА, частота встречаемости, n (%)	4 (6,06)	3 (30,00)	1 (1,78)	0,010
ПМЖА, частота встречаемости, n (%)	13 (19,70)	10 (100,00)	3 (5,36)	<0,001
ОА, частота встречаемости, n (%)	4 (6,06)	4 (40,00)	0	<0,001
ВТК 1, частота встречаемости, n (%)	7 (10,61)	6 (60,00)	1 (1,78)	<0,001
ПКА, частота встречаемости, n (%)	8 (12,12)	7 (70,00)	1 (1,78)	<0,001

*Примечание.* ВТК 1 – ветвь тупого края первого порядка; ДКМП – дилатационная кардиомиопатия; ИКМП – ишемическая кардиомиопатия; ИМТ – индекс массы тела; КМП – кардиомиопатия; ЛКА – левая коронарная артерия; МФА – мультифокальный атеросклероз; ОА – огибающая артерия; ОТС – ортотопическая трансплантация сердца; ПКА – правая коронарная артерия; ПМЖА – передняя межжелудочковая артерия; Ме (Q1–Q3) – медиана, 25-й и 75-й квартиль.

Note. ВТК 1 – first obtuse marginal branch; ДКМП – dilated cardiomyopathy; ИКМП – ischemic cardiomyopathy; ИМТ – body mass index; КМП – cardiomyopathy; ЛКА – left coronary artery; МФА – multifocal atherosclerosis; ОА – left circumflex artery; ОТС – orthotopic heart transplantation; ПКА – right coronary artery; ПМЖА – left anterior descending; Ме (Q1–Q3) – median, 25th and 75th quartiles.

Таблица 2

## Анализ конечных точек

## Endpoint analysis

Конечная точка	Группа ВТС (n = 10)	Группа без ВТС (n = 56)	p
Инфаркт миокарда, n (%)	4 (40,00)	0	<0,001
Реваскуляризация миокарда, n (%)	7 (70,00)	1 (1,78)	0,005
Кардиальная смерть, n (%)	2 (20,00)	8 (14,28)	0,641
Фракция выброса левого желудочка в исходе госпитализации после ОТС, %, Ме (Q1–Q3)	66,00 (60,00–67,80)	66,00 (63,00–69,00)	0,457
Фракция выброса левого желудочка в динамике наблюдения, %, Ме (Q1–Q3)	57,50 (50,80–62,00)	64,5 (60,80–62,00)	0,045

Примечание. Ме (Q1–Q3) – медиана и квартили.

Note. Ме (Q1–Q3) – median and interquartile range.

По результатам КАГ у пациентов группы ВТС в 80,00% случаев имело место многососудистое поражение коронарного русла. Стенотические изменения с морфологией ВТС в проксимальной/средней трети ПМЖА обнаружены у 100,00% пациентов. Тяжесть коронарных поражений по классификации ISHLT: CAV 1 – 2 (20,00%); CAV 2 – 3 (30,00%); CAV 3 – 5 (50,00%).

В рамках анализа группы пациентов с ВТС было выявлено, что для реципиентов с исходными атеросклеротическими поражениями коронарного русла медианное значение срока обнаружения первых и/или прогрессирования stenotических изменений по КАГ составило 3,5 месяца, в то время как у пациентов с поражениями *de novo* это значение составило 25 месяцев (p = 0,019).

В группу пациентов без ВТС вошли реципиенты без stenotических изменений коронарного русла и с поражениями, представленными коронарным атеросклерозом по данным ОКТ. В данной группе встречались единичные фокальные ангиографически не значимые коронарные поражения. Наиболее часто stenotические изменения локализовались в бассейне ПМЖА.

### Анализ конечных точек

Согласно данным КАГ, у 15 (22,72%) пациентов из исследуемой выборки возникли или усугубились коронарные поражения. Однако после проведения ОКТ лишь у 10 (15,15%) реципиентов была выявлена ВТС, остальные stenotические изменения в коронарном русле были представлены атеросклеротическими бляшками.

В группе ВТС ретроспективно установлен инфаркт миокарда у 4 (40,00%) пациентов. У реципиентов без ВТС за время наблюдения не было зарегистрировано ишемических событий (p < 0,001).

Потребность в реваскуляризации миокарда возникла у 7 (70,00%) пациентов из группы ВТС. Им было выполнено чрескожное коронарное вме-

шательство. Лишь 1 (1,78%) пациенту из группы без ВТС была выполнена операция коронарного шунтирования по поводу исходного стеноза ПМЖА донорского сердца одновременно с ОТС (p = 0,005).

Кардиальная смерть зарегистрирована у 2 (20,00%) пациентов из группы ВТС и у 8 (14,28%) пациентов из группы без ВТС (p = 0,641). В первой группе больных причиной кардиальной смерти являлась коронарная недостаточность, в то время как во второй группе кардиальная смерть была обусловлена острым отторжением трансплантата с развитием острой сердечной недостаточности.

В группе ВТС за период наблюдения зафиксирована отрицательная динамика фракции выброса левого желудочка. Ее медианное значение снизилось с 66,00% до 57,50%. В группе пациентов без ВТС значимой динамики не наблюдалось (p = 0,045).

Конечные точки представлены в табл. 2.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Успешный результат операций ОТС зависит от долгосрочного и непрерывного наблюдения за реципиентами донорского сердца [12]. По данным литературы, ВТС представляет угрозу для этой группы пациентов и требует ранней диагностики и коррекции терапии [13].

По сей день классификация ISHLT тяжести поражения при ВТС основана на КАГ ввиду ее доступности, однако методы внутрисосудистой визуализации, в частности ОКТ, позволяют диагностировать развитие ВТС значительно эффективнее. Но все еще не ясно, приводит ли ранняя диагностика ВТС к лучшим долгосрочным результатам, ведь терапевтические подходы остаются ограниченными [10, 13].

В исследовании T.S. Clemmensen et al. проанализированы результаты трехсосудистого ОКТ пациентов, перенесших ОТС: 59 снимков ПМЖА, 56 ОА, 57 ПКА. У 66% пациентов были выявлены начальные признаки развития ВТС [14]. Эта же группа ученых выполнила проспективное исследование, в котором

проводилось трехсосудистое ОКТ 26 пациентам через 3 и через 12 месяцев после ОТС. У 45% пациентов через 3 месяца после ОТС были обнаружены многослойные фиброзные бляшки, которые через 12 месяцев приводили к снижению соотношения просвета и комплекса интима-медиа сосуда [15].

Исследовательская группа N.M. Jensen et al. проводила анализ 64 пациентов, которым выполнялась ОКТ ПМЖА, ОА и ПКА. Было установлено, что ПМЖА значительно сильнее поражается ВТС по сравнению с ОА и ПКА, а ОКТ всех трех коронарных артерий по сравнению с проведением единственной ОКТ ПМЖА не имеет преимуществ в ранней диагностике и прогнозировании дальнейшего развития ВТС. Более того, однососудистое ОКТ ПМЖА снижает процедуральные риски, временные затраты и объем введенного контраста [16]. В нашем исследовании ПМЖА поражалась в 100,00% случаев у пациентов с выявленной ВТС. Был обнаружен многососудистый характер поражения у 80,00% пациентов с подтвержденной ВТС, что является одной из характерных особенностей развития данной патологии по сравнению с атеросклеротической болезнью сердца [17].

Влияние исходных атеросклеротических поражений донорского сердца на дальнейшее развитие ВТС оценивалось в проспективном исследовании H. Li et al. Группа ученых анализировала снимки ВСУЗИ у 301 пациента через 1,3 и 12,2 мес. после выполнения ОТС. Дополнительное ВСУЗИ проводилось 90 пациентам через 2 и 3 года после операции. Поражения донорского сердца были выявлены у 30% реципиентов. Через 3 года после операции по КАГ стенотические изменения в коронарных артериях находили чаще у пациентов с исходными поражениями: 25% против 4%. Тем не менее скорость прогрессирования гиперплазии интимы не отличалась у пациентов с исходными и без исходных поражений. Трехлетняя летальность пациентов с исходной атеросклеротической болезнью сердца не отличалась от таковой у реципиентов без исходных поражений коронарного русла донорского органа. Ученые пришли к выводу, что существующие атеросклеротические изменения в донорском сердце не влияют на ускорение прогрессирования гиперплазии интимы [18].

По данным нашего исследования, из 13 пациентов с трансмиссивными атеросклеротическими поражениями у 30,77% развилась ВТС. Болезнь манифестировала раньше, чем у реципиентов без исходных поражений. Возможно, таким больным следует интенсифицировать скрининговые наблюдения для ранней диагностики и коррекции медикаментозной терапии, однако данная гипотеза требует дальнейших проспективных исследований.

К такому же выводу пришли ученые в исследовании T. Watanabe et al. По данным их работы, предсуществующие коронарные поражения приводили к значительному увеличению объема бляшек через 1 год после выполнения ОТС, а в течение 3 лет наблюдалось прогрессирующее уменьшение просвета сосуда. За трехлетний период наблюдения у пациентов с исходными поражениями коронарных артерий развитие ВТС встречалось чаще, чем у реципиентов без исходных изменений в коронарном русле (58,8% против 5,6%) [19].

## ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование носит ретроспективный характер и является одноцентровым. Анализировалась относительно небольшая когорта пациентов. Стенозы, обнаруженные по КАГ в первую неделю после ОТС, считали за трансмиссивный коронарный атеросклероз, исключая возможность образования гиперплазии интимы в такие короткие сроки. Выбор пациентов для проведения ОКТ основывался на результатах ангиографического исследования, которое имеет меньшую чувствительность по сравнению с методиками внутрисосудистой визуализации. Несмотря на это, мы использовали мировой «золотой стандарт» и классифицировали тяжесть поражений по ISHLT. Таким образом, ОКТ коронарных артерий проводилась не всем реципиентам из выборки, что могло сказаться на результатах исследования, поскольку могли быть недооценены начальные изменения в сосудистой стенке, характерные для ВТС. В нашей работе не оценивался коронарный резерв кровотока или индекс микроциркуляторной резистентности, поэтому мы не можем достоверно судить о компретации кровотока в микроциркуляторном русле. В связи с этим мы не могли доказать наличие поражений на уровне интрамуральных коронарных артерий.

Для дальнейшего изучения проблемы требуется выполнение крупных проспективных исследований с длительным периодом наблюдения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе скрининговых мероприятий у 22,72% пациентов подзревалось развитие ВТС. После выполнения ОКТ только у 15,15% пациентов из выборки была подтверждена ВТС. ПМЖА, по всей видимости, является главной мишенью для ВТС, поскольку была поражена у 100% пациентов с подтвержденной, по данным ОКТ, ВТС. ВТС развивалась раньше у пациентов с предсуществующими атеросклеротическими поражениями донорского сердца. Возможно, больным с трансмиссивным атеросклерозом донорского сердца следует проводить более агрессивный скрининг на предмет ВТС. Также ВТС ассоцииро-

валась с риском инфаркта миокарда и коронарной реваскуляризацией, что приводило к снижению фракции выброса левого желудочка с последующим развитием сердечной недостаточности.

*Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных научных исследований РАН в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ 0419-2025-0001 «Разработка тканеинженерных изделий медицинского назначения для сердечно-сосудистой хирургии с использованием методов внутрисосудистой визуализации, машинного обучения и искусственного интеллекта» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflict of interest.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Pober JS, Chih S, Kobashigawa J, Madsen JC, Tellides G. Cardiac allograft vasculopathy: current review and future research directions. *Cardiovasc Res.* 2021 Nov 22; 117 (13): 2624–2638. doi: 10.1093/cvr/cvab259. PMID: 34343276.
2. Grundmann D, Neubarth-Mayer J, Müller C, Becker F, Reichart D, Stark K et al. Progress of Angiographic Cardiac Allograft Vasculopathy in Patients With Long-Term Transplantation: Longitudinal Evaluation of Its Association With Dyslipidemia Patterns. *Am J Cardiol.* 2025 Mar 1; 238: 47–54. doi: 10.1016/j.amjcard.2024.11.031. PMID: 39613280.
3. Lund LH, Khush KK, Cherikh WS, Goldfarb S, Kucheryavaya AY, Levvey BJ et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Thirty-fourth Adult Heart Transplantation Report – 2017; Focus Theme: Allograft ischemic time. *J Heart Lung Transplant.* 2017 Oct; 36 (10): 1037–1046. doi: 10.1016/j.healun.2017.07.019. PMID: 28779893.
4. Khush KK, Cherikh WS, Chambers DC, Harhay MO, Hayes D Jr, Hsich E et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Thirty-sixth adult heart transplantation report – 2019; focus theme: Donor and recipient size match. *J Heart Lung Transplant.* 2019 Oct; 38 (10): 1056–1066. doi: 10.1016/j.healun.2019.08.004. PMID: 31548031.
5. Миронков БЛ, Уварова ДД, Колоскова НН, Сапронова ЮВ, Муминов ИИ, Юсова АА и др. Васкулопатия трансплантата сердца – состояние проблемы. *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2024; 26 (2): 42–47. Mironkov BL, Uvarova DD, Koloskova NN, Sapronova YuV, Muminov II, Yusova AA et al. Cardiac allograft vasculopathy: current review. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2024; 26 (2): 42–47. [In Russ, English abstract]. doi: 10.15825/1995-1191-2024-2-42-47.
6. Chih S, Chong AY, Mielniczuk LM, Bhatt DL, Beanlands RS. Allograft Vasculopathy: The Achilles' Heel of Heart Transplantation. *J Am Coll Cardiol.* 2016 Jul 5; 68 (1): 80–91. doi: 10.1016/j.jacc.2016.04.033. PMID: 27364054.
7. Velleca A, Shullo MA, Dhital K, Azeka E, Colvin M, DePasquale E et al. The International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) guidelines for the care of heart transplant recipients. *J Heart Lung Transplant.* 2023 May; 42 (5): e1–e141. doi: 10.1016/j.healun.2022.10.015. PMID: 37080658.
8. Колесников АЮ, Тетерин ГА, Арнт АА, Кочергин НА. Морфофункциональный подход к диагностике болезни коронарных артерий пересаженного сердца. Клинический случай. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2024; 23 (12): 4106. Kolesnikov AY, Teterin GA, Arnt AA, Kochergin NA. Morphofunctional approach in the diagnosis of cardiac allograft vasculopathy: a case report. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2024; 23 (12): 4106. [In Russ, English abstract]. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4106.
9. Tsutsui H, Ziada KM, Schoenhagen P, Iyisoy A, Magyar WA, Crowe TD et al. Lumen loss in transplant coronary artery disease is a biphasic process involving early intimal thickening and late constrictive remodeling: results from a 5-year serial intravascular ultrasound study. *Circulation.* 2001 Aug 7; 104 (6): 653–657. doi: 10.1161/hc3101.093867. PMID: 11489770.
10. Dyrbuś M, Gąsior M, Szygula-Jurkiewicz B, Przybyłowski P. The role of optical coherence tomography and other intravascular imaging modalities in cardiac allograft vasculopathy. *Postepy Kardiologii Interwencyjnej.* 2020 Mar; 16 (1): 19–29. doi: 10.5114/aic.2020.93909. PMID: 32368233.
11. Колесников АЮ, Арнт АА, Кочергин НА. Возможности внутрисосудистых методов визуализации в диагностике васкулопатии трансплантированного сердца. Обзор литературы. *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2024; 26 (1): 97–102. Kolesnikov AY, Arnt AA, Kochergin NA. Capabilities of intravascular imaging techniques in the diagnosis of cardiac allograft vasculopathy: Literature review. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2024; 26 (1): 97–102. [In Russ, English abstract]. doi: 10.15825/1995-1191-2024-1-97-102.
12. Барбараиш ЛС, Барбараиш ОЛ, Григорьев ЕВ, Шукевич ДЛ, Печерина ТБ, Зинец МГ и др. Десятилетний опыт ортотопической трансплантации сердца в Кузбассе. *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2024; 26 (4): 110–121. Barbarash LS, Barbarash OL, Grigoriev EV, Shukevich DL, Pecherina TB, Zinets MG et al. 10-year experience in orthotopic heart transplantation in Kuzbass. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2024; 26 (4): 110–121. [In Russ, English abstract]. doi: 10.15825/1995-1191-2024-4-110-121.

13. Трансплантация сердца, наличие трансплантированного сердца, отмирание и отторжение трансплантата сердца. Рекомендации МЗ РФ 2023. Heart transplantation, presence of a transplanted heart, heart graft dieoff and rejection. Recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation 2023.
14. Clemmensen TS, Holm NR, Eiskjær H, Løgstrup BB, Christiansen EH, Dijkstra J et al. Layered Fibrotic Plaques Are the Predominant Component in Cardiac Allograft Vasculopathy: Systematic Findings and Risk Stratification by OCT. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017 Jul; 10 (7): 773–784. doi: 10.1016/j.jcmg.2016.10.021. PMID: 28330670.
15. Clemmensen TS, Holm NR, Eiskjær H, Jakobsen L, Berg K, Neghabat O et al. Detection of early changes in the coronary artery microstructure after heart transplantation: A prospective optical coherence tomography study. *J Heart Lung Transplant*. 2018 Apr; 37 (4): 486–495. doi: 10.1016/j.healun.2017.10.014. PMID: 29128426.
16. Jensen NM, Clemmensen TS, Bjerre KP, Neghabat O, Mogensen LJH, Holm NR et al. Cardiac allograft vasculopathy in heart transplanted recipients: The multi-vessel study. *JHLT Open*. 2023 Dec 6; 3: 100038. doi: 10.1016/j.jhlto.2023.100038. PMID: 40145105.
17. Rahmani M, Cruz RP, Granville DJ, McManus BM. Allograft vasculopathy versus atherosclerosis. *Circ Res*. 2006 Oct 13; 99 (8): 801–815. doi: 10.1161/01.RES.0000246086.93555.f3. PMID: 17038650.
18. Li H, Tanaka K, Anzai H, Oeser B, Lai D, Kobashigawa JA et al. Influence of pre-existing donor atherosclerosis on the development of cardiac allograft vasculopathy and outcomes in heart transplant recipients. *J Am Coll Cardiol*. 2006 Jun 20; 47 (12): 2470–2476. doi: 10.1016/j.jacc.2006.01.072. PMID: 16781375.
19. Watanabe T, Seguchi O, Yanase M, Fujita T, Murata Y, Sato T et al. Donor-Transmitted Atherosclerosis Associated With Worsening Cardiac Allograft Vasculopathy After Heart Transplantation: Serial Volumetric Intravascular Ultrasound Analysis. *Transplantation*. 2017 Jun; 101 (6): 1310–1319. doi: 10.1097/TP.0000000000001322. PMID: 27472091.

*Статья поступила в редакцию 25.08.2025 г.  
The article was submitted to the journal on 25.08.2025*