Системные вены у пациентов с функционально единственным желудочком сердца: анатомические особенности и их влияние на этапную гемодинамическую коррекцию

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ

Авраменко Антон Алексеевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии ИПО ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, руководитель Центра детской кардиохирургии и кардиоревматологии ГБУЗ СОККД им. В.П. Полякова (Самара, Российская Федерация)
E-mail: anton.avramenko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6284-8387>

Ключевые слова:

врожденные пороки сердца, единственный желудочек сердца, синдром гетеротаксии, аномалии системных вен, вено-предсердная фистула

Авраменко А.А.^{1, 2}, Свечков Н.А.¹, Кислухин Т.В.¹, Шорохов С.Е.^{1, 2}

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Самарский областной клинический кардиологический диспансер имени В.П. Полякова», 443070, г. Самара, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, г. Самара, Российская Федерация

Цель – изучить распространенность врожденных и приобретенных анатомических особенностей системных вен у пациентов с единственным желудочком сердца и оценить их влияние на этапную гемодинамическую коррекцию.

Материал и методы. Исследование представляет собой ретроспективное когортное исследование, реализованное на основании изучения опыта хирургического лечения пациентов с единственным желудочком сердца с 01.01.2005 по 30.06.2021.

Результаты. Среди 201 пациента врожденные аномалии системных вен выявлены у 19 (9%). Среди аномалий отмечены персистирующая левая верхняя полая вена, отдельное впадение коллектора печеночных вен и атрезия печеночного сегмента нижней полой вены. Среди приобретенных изменений системных вен имеют значение вено-предсердные фистулы, которые выявлены у 22 пациентов. Закрытие фистул производили одновременно с выполнением очередных этапов гемодинамической коррекции (9 случаев) или отдельно с использованием рентгенэндоваскулярных методик (13 случаев).

Заключение. У пациентов с единственным желудочком сердца встречаются врожденные аномалии количества или расположения системных вен, влияющие на сроки либо технические особенности выполнения этапов гемодинамической коррекции. После наложения верхнего двунатравленного кава-пульмонального анастомоза и выполнения операции Фонтена существует риск развития вено-предсердных фистул. Фистулы могут быть успешно ликвидированы как во время очередного этапа коррекции, так и рентгенэндоваскулярно.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Авраменко А.А., Свечков Н.А., Кислухин Т.В., Шорохов С.Е. Системные вены у пациентов с функционально единственным желудочком сердца: анатомические особенности и их влияние на этапную гемодинамическую коррекцию // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2021. Т. 9, № 3. Приложение. С. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2021-9-3suppl-64-70>

Статья поступила в редакцию 01.08.2021. **Принята в печать** 01.09.2021.

Systemic veins in patients with functionally single ventricle: anatomic features and their influence to staged hemodynamic palliation

Avramenko A.A.^{1, 2}, Svechikov N.A.¹, Kislukhin T.V.¹, Shorokhov S.E.^{1, 2}

¹ V.P. Polyakov Samara Regional Clinical Cardiac Hospital, 443070, Samara, Russian Federation

² Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 443099, Samara, Russian Federation

Aim. To estimate the incidence of congenital and acquired malformations of systemic veins in patients with single-ventricle physiology and evaluate their impact on staged palliative repair. Material and methods. Retrospective cohort study based on data from 201 patients underwent surgical treatment from January 2005 till June 2021.

Results. We found congenital systemic vein anomalies in 19 (9%) patients. Most common anomalies were: bilateral superior caval veins, isolated hepatic vein drainage and interrupted inferior vena cava. Acquired venous pathology (veno-atrial fistulas) were found in 22 patients. Occlusion of the fistulas was performed either during the upcoming stage of repair (9 cases), or separately by transcatheter occlusion techniques (13 cases).

Conclusion. Single-ventricle patients may have congenital anomalies of number and localization of systemic veins that may have impact on timing of repair and technical aspects of the procedure. After partial and total cavo-pulmonary connection there is a risk of developing veno-atrial fistulas that may be occluded surgically or by transcatheter devices.

Funding. The study had no sponsor support.

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

For citation: Avramenko A.A., Svechkov N.A., Kislukhin T.V., Shorokhov S.E. Systemic veins in patients with functionally single ventricle: anatomic features and their influence to staged hemodynamic palliation. Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal. 2021; 9 (3). Supplement: 64–70. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2021-9-3suppl-64-70> (in Russian)

Received 01.08.2021. **Accepted** 01.09.2021.

CORRESPONDENCE

Anton A. Avramenko – MD, Associate Professor of the Department of Cardiology and Cardiovascular Surgery at Institute of Professional Education, Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Medical Director of Pediatric Cardiac Surgery and Cardiorheumatology, Institution of Healthcare, V.P. Polyakov Samara Regional Clinical Cardiac Hospital (Samara, Russian Federation)
E-mail: anton.avramenko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6284-8387>

Keywords:

congenital heart defects, single ventricle, heterotaxy syndrome, systemic veins anomalies, veno-atrial fistula

Пациенты, имеющие функционально единственный желудочек сердца (ЕЖС), нуждаются в этапной гемодинамической коррекции, состоящей из 2–3 этапов: в течение периода новорожденности (операция Норвуда, наложение системно-легочного шунта, суживание легочной артерии и др.); в возрасте 3–6 мес [наложение верхнего двунаправленного кава-пульмонального анастомоза (ВДКПА)]; в возрасте 3–5 лет (операция Фонтена) [1].

На втором и третьем этапах коррекции происходят вмешательства, затрагивающие системные вены [верхнюю (ВПВ) и нижнюю полые вены (НПВ)], анатомия которых у части пациентов с ЕЖС отличается от нормальной. В дальнейшем у пациентов имеется риск развития приобретенных патологических венозных сообщений, в некоторых случаях требующих хирургического лечения.

Цель работы – изучить распространенность врожденных и приобретенных анатомических особенностей системных вен у пациентов с ЕЖС и оценить их влияние на этапную гемодинамическую коррекцию.

Материал и методы

Работа представляет собой ретроспективное когортное исследование, реализованное на основании изучения опыта отделения детской кардиохирургии и кардиоревматологии по хирургическому лечению пациентов с ЕЖС с 01.01.2005 по 30.06.2021.

Критерий включения пациентов в исследование: диагноз врожденного порока сердца с ЕЖС.

Критерии исключения пациентов: сопутствующая экстракардиальная патология (в том числе генетическая) с неблагоприятным прогнозом для жизни.

Критериям включения соответствовал 201 пациент. Демографические и морфологические характеристики пациентов представлены в табл. 1.

Обобщенные данные о количестве пациентов, перенесших различные этапы гемодинамической коррекции, представлены в табл. 2.

3 пациентов умерли до начала хирургической коррекции, 36 пациентов не нуждались в первом этапе коррекции, 1 пациентке ни один из этапов коррекции не выполнялся.

Таблица 1. Характеристика пациентов, включенных в исследование

Характеристика	Пациенты	
	абс., n	%
<i>Демографические характеристики</i>		
Общее количество	201	100
Женский пол	94	47
Мужской пол	107	53
<i>Морфология единственного желудочка сердца</i>		
Правый	84	42
Левый	85	42
Неопределенный	32	16
<i>Синдром гетеротаксии</i>		
Всего	22	11

Таблица 2. Данные о пациентах, перенесших гемодинамическую коррекцию

Этап коррекции	Количество пациентов, <i>n</i>	Исход	
		выжили, <i>n</i> (%)	умерли, <i>n</i> (%)
Первый	161	119 (74)	42 (26)
Второй:			
- наложение ВДКПА	114	111 (97)	3 (3)
- ожидают наложения ВДКПА	13	–	–
- двухжелудочковая конверсия	3	–	–
Третий:			
- операция Фонтена	75	73 (97)	2 (3)
- полуторажелудочковая конверсия	2	–	–
- ожидают операцию Фонтена	29	–	–
- операция Фонтена противопоказана	5	–	–

ВДКПА – верхний двунаправленный кава-пульмональный анастомоз.

Всем пациентам выполняли ультразвуковое исследование сердца и магистральных сосудов в двухмерном режиме с применением цветового доплеровского сканирования, импульсной и непрерывной спектральной доплерографии. Перед наложением ВДКПА и выполнением операции Фонтена всем пациентам выполняли ангиокардиографию и манометрию в полостях сердца и магистральных сосудов.

В случае выявления вено-предсердных фистул непосредственно перед вторым или третьим этапом лечения их закрытие выполняли одновременно с наложением ВДКПА или операцией Фонтена. В случае выявления фистул после наложения ВДКПА или операции Фонтена их закрытие проводили рентгенэндоваскулярно.

Для парных сравнений независимых выборок использовали U-критерий Манна–Уитни. Нулевую статистическую гипотезу отвергали при $p > 0,05$.

Результаты

Врожденные аномалии системных вен

Врожденные аномалии системных вен выявлены у 19 (9%) пациентов. Количественное распределение вариантов аномалий представлено в табл. 3.

Распределение по анатомическим типам ЕЖС у пациентов с персистирующей левой верхней полостью веной представлено в табл. 4.

При наличии персистирующей левой ВПВ в качестве второго этапа коррекции выполняли наложение билатерального ВДКПА. При этом время искусственного кровообращения статистически значимо не различалось между группами унилатерального и билатерального ВДКПА. Анатомия вен после наложения билатерального ВДКПА у пациента с синдромом гипоплазии левых отделов сердца (ГЛОС) представлена на рис. 1.

Таблица 3. Количество врожденных аномалий системных вен у пациентов с единственным желудочком сердца

Врожденные особенности системных вен	Пациенты	
	абс., <i>n</i>	%
Персистирующая левая ВПВ	9	47
Отдельный коллектор печеночных вен (при отсутствии атрезии печеночного сегмента НПВ)	6	32
Атрезия печеночного сегмента НПВ	3	16
Атрезия печеночного сегмента НПВ с ренально-портальной фистулой	1	5
Всего	19	100

Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

Таблица 4. Типы единственного желудочка сердца (ЕЖС) у пациентов с персистирующей левой верхней полостью веной

Тип ЕЖС	Пациенты	
	абс., <i>n</i>	%
Синдром гетеротаксии	2	22,5
Синдром ГЛОС	2	22,5
Атрезия митрального клапана	1	11
Атрезия трехстворчатого клапана	1	11
Двуприоточный левый желудочек	1	11
Полная форма атриовентрикулярного канала, несбалансированный тип	1	11
Корригированная транспозиция магистральных артерий	1	11

А (А)

Б (В)

Рис. 1. Персистирующая левая верхняя полая вена у пациента с синдромом гипоплазии левых отделов сердца после наложения билатерального верхнего двунаправленного кава-пульмонального анастомоза и операции Фонтена: А – «смыв» контраста потоком крови из левой верхней полой вены; Б – селективное контрастирование левой верхней полой вены

Fig. 1. Persistent left SVC in patient with HLHS after bidirectional Glenn and extracardiac Fontan. A – contrast washout; B – selective left SVC injection

Распределение по анатомическим типам ЕЖС у пациентов с атрезией печеночного сегмента НПВ, а также с отдельно дренирующимся коллектором печеночных вен в отсутствие атрезии печеночного сегмента НПВ представлено в табл. 5.

На рис. 2 представлен ход катетера из НПВ в сердце у пациентки с атрезией печеночного сегмента НПВ.

У одной из пациенток с атрезией печеночного сегмента НПВ обнаружена почечно-портальная фистула (рис. 3).

У 3 пациентов имела место апико-кавальная юкстапозиция – расположение НПВ позади верхушки сердца по одну сторону от позвоночника (рис. 4), которая, хотя и не является аномалией системных вен как таковой, оказывает влияние на выполнение операции Фонтена. 2 пациентам операция Фонтена уже выполнена, при этом у 1 пациента экстракардиальный конduit анастомозирован с контралатеральной легочной артерией, у второго – с ипсилатеральной.

Приобретенные особенности системных вен

Среди приобретенных анатомических особенностей системных вен у пациентов с ЕЖС могут

встречаться вено-венозные и вено-предсердные фистулы. При этом вено-венозные фистулы (между системами ВПВ и НПВ), которые могут быть клинически значимыми на этапах до выполнения операции Фонтена, в нашей серии наблюдений не отмечены.

Вено-предсердные фистулы формируются на любом из этапов гемодинамической коррекции (табл. 6) и требуют закрытия одновременно с предстоящим этапом коррекции или в промежутке между ними.

В некоторых случаях нам удалось зафиксировать начальные этапы формирования вено-предсердных фистул (рис. 5).

Пример эндоваскулярного закрытия вено-предсердной фистулы представлен на рис. 6. Во всех случаях рентгенэндоваскулярного закрытия фистул был достигнут технический успех.

В случае повышенного давления в легочных артериях (более 18 мм рт.ст.) закрытие вено-предсердных фистул оказалось неэффективным, приводило к быстрому рецидиву с формированием шунтирующих потоков в предсердие из подключичных, яремных, брахиоцефальных вен или их притоков.

Таблица 5. Типы единственного желудочка сердца (ЕЖС) у пациентов с отдельным коллектором печеночных вен

Тип ЕЖС	Пациенты	
	абс., n	%
<i>Атрезия печеночного сегмента НПВ</i>		
Полная форма атриовентрикулярного канала, несбалансированный тип	4	100
<i>Отдельный коллектор печеночных вен в отсутствие атрезии печеночного сегмента НПВ</i>		
Полная форма атриовентрикулярного канала, несбалансированный тип	3	50
Синдром гетеротаксии	1	16,7
Атрезия трехстворчатого клапана	1	16,7
Корригированная транспозиция магистральных артерий	1	16,7

НПВ – нижняя полая вена.

Рис. 2. Ход катетера из нижней полой вены в непарную вену, верхнюю полую вену и далее в правое предсердие, правый желудочек и аорту у пациентки с атрезией печеночного сегмента нижней полой вены

Fig. 2. Catheter course from IVC into azygos vein, SVC and then into right atrium, right ventricle and aorta in the patient with the atresia of intrahepatic segment of IVC

Рис. 3. Ренально-портальная фистула у пациентки с атрезией печеночного сегмента нижней полой вены

Fig. 3. Reno-portal fistula in the patient with the atresia of intrahepatic segment of IVC

Рис. 4. Апико-кавальная юкстапозиция

Fig. 4. Apico-caval juxtaposition

Обсуждение

Врожденные аномалии системных вен оказывают влияние на сроки выполнения этапов гемодинамической коррекции. Так, атрезия печеночного сегмента НПВ диктует необходимость выполнять наложение ВДКПА в возрасте старше 9 мес (вместо обычного диапазона 4–6 мес) в связи с тем, что в подобных условиях ВПВ несет до 85% всего системного венозного возврата [2, 3]. В дальнейшем такие пациенты требуют более частого мониторинга насыщения крови кислородом, поскольку легочный кровоток, лишенный так называемого «печеночного фактора», способствует формированию приобретенных артериовенозных мальформаций легких [4, 5].

Персистирующая левая ВПВ требует наложения двустороннего двунаправленного кава-пульмонального анастомоза, при этом, несмотря на наличие технических особенностей, время искусственного кровообращения не различалось между группами пациентов с уни- и билатеральным ВДКПА, что согласуется с данными других исследователей [6].

Апико-кавальная юкстапозиция может осложнять процесс выбора месторасположения экстракардиального кондуита во время операции Фонтена [7]. Описаны варианты как ипсилатерального, так и контралатерального расположения, а также варианты применения модификации латерального тоннеля. При этом современные данные не предоставляют убедительных свидетельств в пользу той или иной модификации [8–11].

Приобретенные вено-предсердные фистулы могут формироваться на любом из этапов гемодинамической коррекции и приобретают особую значимость после наложения ВДКПА или после операции Фонтена, т.е. после этапов, сопровождающихся повышением венозного давления. Шунтирующий поток крови является причиной снижения эффективного объема легочного кровотока и приводит к прогрессирующей гипоксемии [12, 13]. При этом большинство случаев закрытия фистул приходится на этап выполнения операции Фонтена или в течение 5 лет после нее. Быстрый (в течение года) рецидив гипоксемии как следствие формирования новых фистул может служить клиническим признаком неоптимальной гемодинамики Фонтена, в том числе обусловленной дисфункцией системного желудочка сердца.

Заключение

У 9% пациентов с ЕЖС имеются врожденные аномалии количества или расположения системных вен, которые могут оказать влияние на сроки выполнения этапов гемодинамической коррекции или на технические особенности их выполнения.

Таблица 6. Этапы лечения, в течение которых потребовалось закрытие вено-предсердных фистул

Этап лечения	Пациенты	
	абс., n	%
Во время наложения ВДКПА:		
- criss-cross	1	4,4
В течение 6 мес после наложения ВДКПА:		
- синдром ГЛОС	2	9
- во время операции Фонтена:		
· двуприоточный левый желудочек	3	14
· синдром ГЛОС	2	9
· синдром гетеротаксии	1	4,4
· полная форма атриовентрикулярной коммуникации, несбалансированный тип	1	4,4
· атрезия трехстворчатого клапана	1	4,4
В течение 5 лет после операции Фонтена:		
- двуприоточный левый желудочек	3	14
- атрезия легочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой	3	14
- синдром ГЛОС	2	9
- атрезия трехстворчатого клапана	2	9
- аномалия Эбштейна	1	4,4

Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

После наложения ВДКПА и выполнения операции Фонтена существует риск развития вено-предсердных фистул, особенно у пациентов с повышенным относительно нормального для кава-пульмональных анастомозов давлением в легочных артериях.

В случае выявления прогрессирующей гипоксемии необходимо применение рентгеноконтрастных методов визуализации для выявления вено-предсердных фистул и их последующего закрытия.

Ограничения

Представленное исследование является ретроспективным, основанным на изучении малочисленной группы пациентов.

Рис. 5. Начало формирования вено-предсердной фистулы из левого венозного угла у пациента с синдромом гипоплазии левых отделов сердца после операции Норвуда

Fig. 5. Initial stages of veno-atrial fistula formation from the left venous corner in the patient with HLHS after Norwood procedure

А (А)

Б (Б)

Рис. 6. Вено-предсердная фистула у пациента после наложения верхнего двунаправленного кава-пульмонального анастомоза: А – фистула из левого брахиоцефального угла; Б – результат рентгенэндоваскулярной окклюзии фистулы

Fig. 6. Veno-atrial fistula in the patient after bidirectional Glenn: А – fistula from the left venous corner; Б – final result of the occlusion of the fistula

Литература

1. Подзолков В.П. Актуальные проблемы хирургического лечения врожденных пороков сердца с одножелудочковой гемодинамикой по методу Фонтана // Бюллетень НЦССХ имени А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2018. Т. 19, № 5. С. 625–636.
2. Kutty S., Frommelt M.A., Danford D.A., Tweddell J.S. Medium-term outcomes of Kawashima and completion Fontan palliation in single-ventricle heart disease with heterotaxy and interrupted inferior vena cava // *Ann. Thorac. Surg.* 2010. Vol. 90, N 5. P. 1609–1613.
3. Nath D.S., Carden A.J., Nussbaum D.P. Can the Kawashima procedure be performed in younger patients? // *Ann. Thorac. Surg.* 2009. Vol. 88, N 2. P. 581–586.
4. Vollebregt A., Pushparajah K., Rizvi M. Outcomes following the Kawashima procedure for single-ventricle palliation in left atrial isomerism // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2012. Vol. 41, N 3. P. 574–579.
5. Alsoufi B., Rosenblum J., Travers C. et al. Outcomes of Single Ventricle Patients Undergoing the Kawashima Procedure: Can We Do Better? // *World J. Pediatr. Congenit. Heart Surg.* 2019. Vol. 10, N 1. P. 20–27.
6. Shuler J.M., Statile C., Heydarian H. et al. Surgical Timing and Outcomes of Unilateral Versus Bilateral Superior Cavopulmonary Anastomosis: An Analysis of Pediatric Heart Network Public Databases // *Pediatr. Cardiol.* 2021. Vol. 42. P. 662–667.
7. Chen W., Lu Y., Ma L., Yang S., Xia Y., Zou M. et al. Conduit Route Selection for Total Cavopulmonary Connection in Patients with Apicocaval Juxtaposition // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019. Vol. 31, N 1. P. 104–109.
8. Morizumi S., Kato H., Kanemoto S., Noma M., Abe M., Sakakibara Y. et al. Appropriate route selection for extracardiac total cavopulmonary connection in apicocaval juxtaposition // *Ann. Thorac. Surg.* 2012. Vol. 94. P. 179–184.
9. Sakurai T., Kado H., Nakano T., Hinokiyama K., Oda S., Sugiura J. et al. The impact of extracardiac conduit-total cavopulmonary connection on apicocaval juxtaposition // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010. Vol. 38. P. 439–444.
10. Chen W., Lu Y., Ma L., Yang S., Xia Y., Zou M. et al. Conduit route selection for total cavopulmonary connection in patients with apicocaval juxtaposition // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019. Vol. 31. P. 104–109.
11. Sinha L., Ozturk M., Zurakowski D., Yerebakan C., Ramakrishnan K., Matisoff A. et al. Intra-extracardiac versus extracardiac Fontan modifications: comparison of early outcomes // *Ann. Thorac. Surg.* 2019. Vol. 107. P. 560–566.
12. Heinemann M., Breuer J., Steger V., Steil E., Sieverding L., Ziemer G. Incidence and impact of systemic venous collateral development after Glenn and Fontan procedures // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001. Vol. 49. P. 172–178.
13. Lluri G., Levi D.S., Aboulhossn J. Systemic to pulmonary venous collaterals in adults with single ventricle physiology after cavopulmonary palliation // *Int. J. Cardiol.* 2015. Vol. 189. P. 159–163.

References

1. Podzolkov V.P. Actual problems of surgical treatment of congenital heart defects with single-ventricle circulation by Fontan principle. *Byulleten' NTSSKh imeni A.N. Bakuleva RAMN. Serdechno-sosudistye zabolevaniya* [Bulletin of the Scientific Center of Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev RAMS. Cardiovascular Diseases]. 2018; 19 (5): 625–36. (in Russian)
2. Kutty S., Frommelt M.A., Danford D.A., Tweddell J.S. Medium-term outcomes of Kawashima and completion Fontan palliation in single-ventricle heart disease with heterotaxy and interrupted inferior vena cava. *Ann Thorac Surg.* 2010; 90 (5): 1609–13.
3. Nath D.S., Carden A.J., Nussbaum D.P. Can the Kawashima procedure be performed in younger patients? *Ann Thorac Surg.* 2009; 88 (2): 581–6.
4. Vollebregt A., Pushparajah K., Rizvi M. Outcomes following the Kawashima procedure for single-ventricle palliation in left atrial isomerism. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012; 41 (3): 574–9.
5. Alsoufi B., Rosenblum J., Travers C., et al. Outcomes of Single Ventricle Patients Undergoing the Kawashima Procedure: Can We Do Better? *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2019; 10 (1): 20–7.
6. Shuler J.M., Statile C., Heydarian H., et al. Surgical Timing and Outcomes of Unilateral Versus Bilateral Superior Cavopulmonary Anastomosis: An Analysis of Pediatric Heart Network Public Databases. *Pediatr Cardiol.* 2021; 42: 662–7.
7. Chen W., Lu Y., Ma L., Yang S., Xia Y., Zou M., et al. Conduit Route Selection for Total Cavopulmonary Connection in Patients with Apicocaval Juxtaposition. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2019; 31 (1): 104–9.
8. Morizumi S., Kato H., Kanemoto S., Noma M., Abe M., Sakakibara Y., et al. Appropriate route selection for extracardiac total cavopulmonary connection in apicocaval juxtaposition. *Ann Thorac Surg.* 2012; 94: 179–84.
9. Sakurai T., Kado H., Nakano T., Hinokiyama K., Oda S., Sugiura J., et al. The impact of extracardiac conduit-total cavopulmonary connection on apicocaval juxtaposition. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010; 38: 439–44.
10. Chen W., Lu Y., Ma L., Yang S., Xia Y., Zou M., et al. Conduit route selection for total cavopulmonary connection in patients with apicocaval juxtaposition. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2019; 31: 104–9.
11. Sinha L., Ozturk M., Zurakowski D., Yerebakan C., Ramakrishnan K., Matisoff A., et al. Intra-extracardiac versus extracardiac Fontan modifications: comparison of early outcomes. *Ann Thorac Surg.* 2019; 107: 560–6.
12. Heinemann M., Breuer J., Steger V., Steil E., Sieverding L., Ziemer G. Incidence and impact of systemic venous collateral development after Glenn and Fontan procedures. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2001; 49: 172–8.
13. Lluri G., Levi D.S., Aboulhossn J. Systemic to pulmonary venous collaterals in adults with single ventricle physiology after cavopulmonary palliation. *Int J Cardiol.* 2015; 189: 159–63.