

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 616.71.124.2.127-007.253

ПАРАМЕТРЫ ГЕМОДИНАМИКИ И ФУНКЦИЯ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПОСЛЕ РАДИКАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ ТЕТРАДЫ ФАЛЛО

А.Ю. Омельченко, Ю.Н. Горбатов, И.А. Соинов, А.В. Войтов, Ю.Ю. Кулябин, И.А. Корнилов, О.В. Чащин, А.В. Богачев-Прокофьев*

Научно-исследовательский институт патологии кровообращения им. академика Е.Н. Мешалкина, г. Новосибирск, Россия

HEMODYNAMIC PARAMETERS AND RIGHT VENTRICULAR FUNCTION AFTER RADICAL CORRECTION OF FALLOT'S TETRAD

A.Yu. Omelchenko, Yu.N. Gorbatykh, I.A. Soinov, A.V. Voitov, Yu.Yu. Kulyabin, I.A. Kornilov, O.V. Chaschin, A.V. Bogachev-Prokofiev*

Scientific Research Institute of Circulation Pathology named after Academician E.N. Meshalkin, Novosibirsk, Russian Federation

Цель. Оценить ранние послеоперационные показатели гемодинамики при различных типах пластики выходного отдела правого желудочка после радикальной коррекции тетрады Фалло и функциональное состояние правого желудочка в отдаленном послеоперационном периоде.

Материалы и методы. На базе НИИПК им. акад. Е. Н. Мешалкина выполнено проспективное когортное исследование 52 (28 мальчиков и 24 девочки) пациентов, которым была выполнена радикальная коррекция тетрады Фалло. Пациенты были разделены на 2 группы по типу реконструкции пути оттока правого желудочка: I группа ($n = 26$) – лица с трансаннулярной пластикой выходного отдела, II группа ($n = 26$) – пациенты с сохраненным фиброзным кольцом легочной артерии. Состояние гемодинамики в раннем послеоперационном периоде оценивалось при помощи транспульмональной термодилуции. Оценка функции правого желудочка в отдаленном периоде осуществлялась с помощью УЗИ и МРТ.

© Омельченко А.Ю., Горбатов Ю.Н., Соинов И.А., Войтов А.В., Кулябин Ю.Ю., Корнилов И.А., Чащин О.В., Богачев-Прокофьев А.В., 2016

тел. 8 913 454 87 52

e-mail: i_soinov@mail.ru

[Омельченко А.Ю. – кандидат медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца, научный сотрудник центра новых хирургических технологий; Горбатов Ю.Н. – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением врожденных пороков сердца; Соинов И.А. (*контактное лицо) – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца центра новых хирургических технологий; Войтов А.В. – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца центра новых хирургических технологий; Кулябин Ю.Ю. – клинический ординатор по специальности «Сердечно-сосудистая хирургия»; Корнилов И.А. – кандидат медицинских наук, врач-анестезиолог отделения анестезиологии-реанимации, старший научный сотрудник центра анестезиологии и реаниматологии; Чащин О.В. – кандидат медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца; Богачев-Прокофьев А.В. – доктор медицинских наук, руководитель центра новых хирургических технологий].

Результаты. В первые часы после операции показатели гемодинамики по методу транспульмональной термодилуции были значительно ниже в I группе и достоверно отличались от таковых во II группе. Однако в последующие часы (12, 24 и 48 часов) отмечается восстановление показателей гемодинамики в I группе, которые достоверно не отличались от значений во II группе. В отдаленном послеоперационном периоде фракция выброса правого желудочка (как в целом, так и его отдельных частей) была достоверно выше в группе II, в то время как конечный диастолический объем правого желудочка достоверно выше в I группе. Легочная регургитация также была значительно выше в I группе (36,7 (32; 44)) по сравнению со II – 13,2 (3; 14) ($p > 0,01$).

Выводы. Сохранение фиброзного кольца легочной артерии обеспечивает лучшие параметры гемодинамики в раннем послеоперационном периоде, включая систолическую и диастолическую функцию, и у данной группы пациентов реже встречается дисфункция правого желудочка в отдаленном периоде.

Ключевые слова. Тетрада Фалло, PiCCO, МРТ, легочная регургитация, дисфункция правого желудочка.

Aim. The aim of the study was to estimate the early postoperative indices of hemodynamics in different types of the right ventricular output plasty after radical correction of Fallot's tetrad and to assess the functional state of the right ventricle in the long-term postoperative period.

Materials and methods. On the basis of SRICP named after Academician E.N. Meshalkin, a prospective cohort study of 52 patients (28 boys 24 girls), who underwent radical correction of Fallot's tetrad, was conducted. Patients were divided into 2 groups by the type of reconstruction of the right ventricular outflow tracts: group I included patients with transannular plasty of the output part (group I, 26 patients), group II – patients with preserved fibrous ring of the pulmonary artery (group II, 26 patients). The postoperative hemodynamic status was assessed with transpulmonary thermodilution. The right ventricular function in the long-term period was estimated by means of US and MRI.

Results. During the first postoperative hours, hemodynamic indices according to transpulmonary thermodilution technique were significantly lower in group I and reliably differed from group II. However, later (12, 24, 48 hour after), restoration of hemodynamic indices in group I, which did not significantly differ from group II, was observed. In the long-term period, ejection fraction of the right ventricle as a whole and of its separate parts was reliably higher in group II, while terminal diastolic volume of the right ventricle was significantly higher in group I. Pulmonary regurgitation was also significantly higher in group I – 36,7 (32; 44) versus 13,2 (3; 14) ($p < 0,01$).

Conclusions. Preservation of pulmonary artery fibrous ring provides better parameters of hemodynamics in the early postoperative period including systolic and diastolic functions. In the long-term period, this group of patients is less subjected to the right ventricular dysfunction.

Key words. Fallot's tetrad, PiCCO, MRI, pulmonary regurgitation, right ventricular dysfunction.

ВВЕДЕНИЕ

Тетрада Фалло относится к группе сложных и часто встречаемых врожденных пороков сердца. Частота тетрады Фалло среди новорожденных и младенцев составляет 5,6–14,0 % от всех врожденных пороков сердца [5, 14, 17]. Естественное развитие таких пациентов неблагоприятное, поэтому предпочтительным является одноэтапное хирургическое лечение в младенчестве. Наиболее частым осложнением раннего послеоперационного периода является правожелудочковая недостаточность, которая формируется при нарушении анатомии правого желудочка и про-

грессирующей легочной регургитации [1, 3, 12]. С развитием новых малоинвазивных методов обследования и внедрением их в клиническую практику улучшилось понимание гемодинамических параметров после хирургической коррекции, патофизиологических механизмов развития дисфункции правого желудочка. Одним из таких методов является мониторинг состояния гемодинамики, основанный на комбинации транспульмональной термодилуции и анализа формы пульсовой волны, которая позволяет в первые часы определить показатели преднагрузки, функции сердца и постнагрузки и в первые часы назначить адекватную терапию [9, 20].

В отдаленном периоде многие пациенты после радикальной коррекции тетрады Фалло имеют дисфункцию правого желудочка из-за многолетней массивной легочной регургитации. С внедрением МРТ улучшилось понимание патофизиологических механизмов развития дисфункции правого желудочка. Обычно правый желудочек характеризуется как единая структура, в противовес его истинной сложной геометрии, которая изменяется при хирургической коррекции. Последние сообщения показывают, что глобальная функциональная оценка правого желудочка не отражает настоящую его функцию [7, 10]. Lytrivi и соавт. [16] показали, что пациенты после реконструкции тетрады Фалло имеют сниженную глобальную систолическую функцию правого желудочка, в основном только за счет снижения выходного отдела, в то время как фракция выброса синуса сохраняется и соответствует контрольной группе. В настоящее время остается неизвестным влияние различных реконструктивных операций при тетраде Фалло на дисфункцию правого желудочка.

Цель – оценить ранние послеоперационные показатели гемодинамики при различных пластиках выходного отдела правого желудочка после радикальной коррекции тетрады Фалло и функциональное состояние правого желудочка в отдаленном послеоперационном периоде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На базе ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина выполнено проспективное когортное исследование 52 (28 мальчиков и 24 девочки) пациентов, которым была выполнена радикальная коррекция тетрады Фалло. Пациенты были разделены на 2 группы по типу реконструкции пути оттока правого желудочка: I группа ($n = 26$) – пациенты с трансаннулярной пластикой выходного отдела, II группа ($n = 26$) – пациенты с сохраненным фиброз-

ным кольцом легочной артерии. Состояние гемодинамики в раннем послеоперационном периоде оценивалось при помощи транспульмональной термодилуции. Оценка функции правого желудочка в отдаленном периоде осуществлялась с помощью УЗИ и МРТ. Для избежания влияния посторонних факторов из исследования были исключены пациенты с кардиостимулятором и пациенты, имеющие градиент на выходном отделе правого желудочка более 50 мм рт. ст. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Письменное информированное согласие было получено от всех родителей, и все данные были обработаны в соответствии с Хельсинкской декларацией 1975 года.

Послеоперационный мониторинг.

При помощи прибора PiCCO-plus в раннем послеоперационном периоде оценивались основные показатели гемодинамики. Термодилуционный катетер 3 F PULSIOCATN (диаметр – 0,9 мм, рабочая длина – 7 см, дистальный просвет – 0,018") для проведения измерения устанавливался пункционно по Сельдингеру в правую или левую бедренные артерии и использовался для постоянного мониторинга артериального давления и взятия проб артериальной крови. Проводился постоянный контроль наличия пульсации на артериях стоп, состояния кожных покровов и микроциркуляции конечности. После окончания исследования катетер немедленно удалялся. Осложнений, связанных с катетеризацией, отмечено не было. Пробы и измерения осуществлялись на следующих этапах: 1-й этап – сразу после окончания искусственного кровообращения, выполнения ультрафильтрации и введения «Протамина»; 2-й этап – через 12 ч после операции в отделении интенсивной терапии, 3-й этап – через 24 ч, 4-й этап – через 48 ч.

Эхокардиография выполнялась по стандартному протоколу. Датчики применялись в соответствии с ростом и весом пациента.

Для получения изображения были использованы стандартные позиции (верхушечная, парастернальная, четырех-, трех-, и двухкамерная). Скорость развертки была установлена на уровне 100 см/с. Глубина и ширина изображения секторов были оптимизированы для 50–90 кадров в секунду. Изображения были получены при спокойном дыхании. Были проанализированы три сердечных цикла.

Пациенты были обследованы с помощью магнитно-резонансного томографа Philips Achieva Nova Duo 1,5 T (Голландия) с внутривенным введением Gd-контрастного вещества «Омнискан» (Omniscan®) в стандартной дозировке 0,1 ммоль/кг массы (эквивалентна 0,2 мл/кг).

После получения трехпланарных (прицельных) изображений выполнялось сканирование в аксиальной плоскости в режимах с черной кровью для визуализации сердечной и внесердечной анатомии. Стандартный протокол исследования предусматривал сканирование области сердца в аксиальной плоскости в режимах с черной (TSE_BB black blood turbo spin echo) и белой кровью, толщина среза – 5 мм, интервал – 0 мм. При этом позиционирование срезов проводилось в стандартной последовательности. Морфология левого и правого желудочков, в частности их форма, толщина стенок и показатели сократимости, оценивалась в кинорежиме V_TFE в двух-, трех- и четырехкамерных плоскостях.

Конечный диастолический объем (КДО) и конечный систолический объем (КСО) рассчитывались путем ручного обрисовывания эндокардиальных контуров на конец систолы и диастолы на серии снимков, ориентированных вдоль короткой оси левого и правого желудочков.

Для анализа клапанной и желудочковой функции мы выполняли сканы по оси сердца. Двух- и четырехкамерные кино-MPT вы-

полнялись для визуализации клапанной недостаточности.

Для вычисления глобальной функции желудочков осуществляется анализ изображений по короткой оси, дополнительные косые изображения были получены для анализа анатомии или глобальной функции. Дополнительно МРТ-изображения выравнились вдоль выходного отдела правого желудочка (ВОПЖ) для визуализации легочной недостаточности и расширения ВОПЖ. Магнитно-резонансная ангиография (МРА) с контрастным усилением использовалась для визуализации легочной артерии и ее ветвей.

Из дополнительного МРТ-изображения ВОПЖ и изображений поперечной черной крови строилась карта скорости через легочную артерию для расчета легочного объема регургитации.

Для выявления и оценки распространенности рубцовых изменений миокарда правого желудочка проводилось сканирование в плоскости по короткой оси, в двух- и четырехкамерных плоскостях в режиме T1_TFE SPIR и 3DT1_TFEPSIR для изучения отсроченного накопления контрастного вещества. Время задержки сатурационного импульса TFEprepulse для подавления сигнала от миокарда выбиралось на серии предварительного просмотра в режиме Look Locker или IR_TFE_LL. Для детальной оценки сократимости и массы миокарда правого и левого желудочков серия срезов в коронарной плоскости обрабатывалась с использованием программ Philips MR Cardiac Explorer или Philips M RCardiac Analysis.

Статистический анализ. Непрерывные переменные представлены в виде медианы (25-й; 75-й процентиль), если не указаны другие; категоричные переменные – в виде чисел (%). Использовались тесты Манна-Уитни, критерии χ^2 или Фишера для межгрупповых сравнений. Линейная логистическая регрессия была использована для оценки связи между тяжестью легочной регургитации

и КДО и фракции выброса правого желудочка; градиентом давления на уровне кольца легочной артерии и показателями транспульмональной термоделиции. Для многофакторного логистического регрессионного анализа была использована пошаговая процедура с отсечением p -значения 0,20 для разработки окончательной регрессионной модели. Статистически значимым считалось значение двустороннего p меньше 0,05. Статистический анализ проводился с использованием программы Stata 13.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Демографические характеристики пациентов на момент операции в обеих группах не отличались. Средний возраст – 9,43 (7; 9) в I группе и 10,6 (8; 11) месяца в группе II ($p = 0,38$). Масса тела – 7,5 (6; 7,8) в I группе и 7,4 (6,5; 7,8) кг в группе II ($p = 0,78$). Рост – 69,1 (64; 71) в I группе и 70 (67; 70,5) см в группе II ($p = 0,61$). Интраоперационной, госпитальной и отдаленной летальности не было. Основные послеоперационные характеристики представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что процент легочной регургитации достоверно выше в I группе, в то время как послеоперационный градиент на клапане легочной артерии был достоверно выше во II.

Данные гемодинамики в раннем послеоперационном периоде у пациентов обеих групп получены методом транспульмональной термоделиции (табл. 2, 3).

Из табл. 2, 3 видно, что в первый час после операции признаки нарушения функции сердца более выражены в I группе и достоверно отличаются от таковых у II группы. Однако в последующие часы (12; 24 и 48 часов) отмечается стабилизация показателей функции сердца в I группе, которые достоверно не отличались от таковых во II группе. Постнагрузка сердца была высока на всем протяжении исследования в обеих группах. Однако в первые 24 часа постнагрузка была достоверно выше в I группе, а к 48 часам достоверно преобладала во II группе.

Контрольное обследование для оценки функции правого желудочка проводилось через 7,4 (5,5; 9) г. Демографические характеристики пациентов в обеих группах не отличались. Средний возраст больных в I группе составил 7,5 (5; 10) г., во II – 7,2 (6; 8) г. ($p = 0,8$). Масса тела: 19,5 (14; 23) кг в I группе и 23,3 (15; 26) кг в группе II ($p = 0,1$). Рост: 89 (76; 102) см в I группе и 87,9 (80; 90) см в группе II ($p = 0,6$). Площади поверхности тела: 0,79 (0,63; 0,91) в I группе и 0,88 (0,69; 0,98) в группе II ($p = 0,16$).

Показатели правого желудочка пациентов в обеих группах приведены в табл. 4.

Таблица 1

Интраоперационные и послеоперационные характеристики пациентов. Представлена медиана (25-й; 75-й процентиль)

Характеристика	Группа I ($n = 26$)	Группа II ($n = 26$)	$p (\leq 0,05)$
Искусственное кровообращение, мин	67,2 (56; 78)	66,1 (57; 75,5)	0,53
Окклюзия аорты, мин	40,9 (26; 53)	41,8 (32,5; 51)	0,75
Градиент, п/о	15,7 (9,7; 17)	22,9 (18; 28)	< 0,01
Легочная регургитация, n (%)	10 (38,5)	2 (7,7)	< 0,01
ИВЛ, ч	60,9 (24; 48)	47,4 (10,5; 28)	0,41
Длительность госпитализации	24,4 (19; 25)	24,6 (14,5; 27)	0,94

Таблица 2

**Параметры гемодинамики, полученные методом
транспульмональной термодилуции, на 1-м (1 ч) и 2-м (12 ч) этапах исследования.
Представлена медиана (25-й; 75-й процентиль)**

Показатель	1 час			12 часов		
	группа I (n = 26)	группа II (n = 26)	p (≤ 0,05)	группа I (n = 26)	группа II (n = 26)	p (≤ 0,05)
ЦВД	9,2 (8; 10)	8,1 (6,5; 9)	0,006	11,2 (10; 12)	8,6 (6,5; 11)	0,000
АД _{сст}	93,3 (85; 103)	98,1 (85; 109)	0,240	96 (88; 100)	94,8 (89; 100)	0,620
АД _{диаст}	58,2 (51; 68)	60,2 (51; 68)	0,433	60,2 (54,5; 62,5)	57,3 (52,5; 61,5)	0,046
УО, мл	7,7 (6,1; 8,4)	7,3 (6,2; 8,9)	0,414	7,7 (6,1; 7,9)	7,7 (6,3; 8,7)	0,962
ССС, дин·с/см ⁵	5166 (4258; 6397)	5610 (4061; 7037)	0,212	5278 (4604; 6175)	5073,7 (4407; 5760)	0,390
dP _{max}	714,8 (576; 899)	706 (571; 815)	0,863	725,9 (554; 856)	688 (629; 758)	0,244
ВУО, %	13,9 (10; 16)	9,8 (7; 13)	0,001	11,4 (8; 13)	11,8 (5; 12)	0,796
СВ, л/мин	1,2 (0,8; 1,3)	1 (0,8; 1,2)	0,015	1,1 (0,8; 1,2)	1,1 (0,9; 1,2)	0,607
СИ, л/мин/м ²	3,1 (2,6; 3,4)	2,8 (2,3; 3,2)	0,012	3 (2,4; 3,1)	2,9 (2,4; 3,2)	0,737
ИФС	10,6 (8,9; 11,9)	10,4 (8,6; 11,9)	0,560	9,6 (8,6; 11,1)	9,7 (8,8; 10,7)	0,822
ГФВ, %	28,3 (27; 31)	31,8 (28; 36)	0,001	27 (25; 29)	29,4 (28; 32)	0,001
ОКДО, мл	110,1 (85; 128)	98,3 (85; 112)	0,048	113,9 (91; 123)	117,6 (96; 130)	0,584
ВГОК, мл	137 (106; 160)	116 (102; 133)	0,002	142,1 (113; 267)	148,6 (115; 167)	0,478
ЭВЛЖ, мл	123,4 (98; 152)	134,2 (83; 137)	0,370	129,2 (90; 151)	149,1 (103; 194)	0,740
ИПЛС	4,7 (3,5; 5,7)	4,4 (3,7; 5,3)	0,394	4,5 (3,9; 5,6)	4,7 (4; 5,8)	0,521

Примечание. Здесь и в табл. 3: ЦВД – центральное венозное зондирование; АД_{сст} – артериальное давление систолическое; АД_{диаст} – артериальное давление диастолическое; УО – ударный объем; СССР – сердечно-сосудистое сопротивление; dP_{max} – скорость нарастания в левом желудочке; ВУО – варибельность ударного объема; СВ – сердечный выброс; СИ – сердечный индекс; ИФС – индекс функции сердца; ГФВ – глобальная фракция выброса; ОКДО – общий конечный диастолический объем; ВГОК – внутригрудной объем крови; ЭВЛЖ – экстравазальная легочная жидкость; ИПЛС – индекс проницаемости легочных сосудов.

Таблица 3

**Параметры гемодинамики, полученные методом
транспульмональной термодилуции, на 3-м (24 ч) и 4-м (48 ч) этапах исследования**

Показатель	24 часа			48 часов		
	группа I (n = 26)	группа II (n = 26)	p (≤ 0,05)	группа I (n = 26)	группа II (n = 26)	p (≤ 0,05)
ЦВД	11 (10; 12)	8,4 (8; 9)	0,000	9,3 (8; 10)	6,6 (4; 10)	0,004
АД _{сст}	94,8 (92; 100)	95,1 (87; 103)	0,909	93,9 (87; 97)	96,8 (93; 100)	0,462
АД _{диаст}	62,8 (58; 66)	57,2 (47; 64)	0,005	56 (48; 60)	60,4 (54; 64)	0,137
УО, мл	7,5 (6,1; 8)	10,3 (8,1; 12,3)	0,001	8,3 (7,3; 9)	7,8 (6,9; 9,6)	0,420
ССС, дин·с/см ⁵	5453 (4671; 6533)	4113 (3643; 4460)	0,001	4927 (3984; 5749)	6124,2 (4657; 7430)	0,013
dP _{max}	627,5 (511; 727)	619,3 (649; 830)	0,807	664 (597; 731)	690,1 (500; 873)	0,619
ВУО, %	14,9 (9; 17)	16,3 (12; 20)	0,344	14,8 (8; 23)	12,7 (9; 15)	0,269
СВ, л/мин	1 (0,8; 1,1)	1,3 (1,2; 1,4)	0,001	1,1 (1; 1,2)	1 (0,8; 1,1)	0,109
СИ, л/мин/м ²	2,7 (2,4; 2,84)	3,56 (3,28; 3,86)	0,053	3,13 (2,77; 3,41)	2,8 (2,5; 2,8)	0,066
ИФС	8,8 (7,7; 9,8)	8,2 (7,1; 9,2)	0,058	8,4 (7,3; 9,3)	7,5 (6,8; 7,9)	0,009
ГФВ, %	26,4 (25; 28)	25,9 (22; 28)	0,543	26 (24; 27)	24,2 (24; 25)	0,334
ОКДО, мл	115,9 (89; 122)	166,8 (133; 198)	0,001	117,3 (103; 125)	133,6 (110; 143)	0,083
ВГОК, мл	144,5 (111; 152)	201,4 (156; 248)	0,001	145,8 (128; 156)	199,6 (138; 218)	0,046
ЭВЛЖ, мл	157,8 (112; 171)	179,7 (112; 226)	0,207	146,7 (97; 124)	164,1 (137; 169)	0,419
ИПЛС	5,2 (5; 5,8)	4,12 (3,6; 5,1)	0,001	4,1 (3,5; 4,9)	4,5 (3,6; 5)	0,474

**Показатели правого желудочка (ПЖ) у пациентов после коррекции тетрады Фалло.
Представлена медиана (25-й; 75-й процентиль)**

Показатель	Группа I (n = 26)	Группа II (n = 26)	p
КДО ПЖ, МРТ, мл/м ²	88,68 (70,75;100,15)	62,47 (38,27;80,71)	0,0018
КДО ПЖ, синусная часть, МРТ, мл/м ²	76,7 (58,3;95,5)	52,2 (31,6;74,4)	0,0016
КДО ВОПЖ, МРТ, мл/м ²	13,5 (10,3;15,6)	10,25 (7,7;11,2)	0,008
КДО ПЖ, УЗИ, мл/м ²	50,5 (36;65)	34 (26;45)	0,01
КСР ПЖ, МРТ, мл/м ²	35,7 (24,17;45,6)	31,48 (15,32;44,4)	0,33
КСР ПЖ, синусная часть, МРТ мл/м ²	30 (18,5;42,1)	25,5 (12,3;41)	0,27
КСР ВОПЖ, МРТ, мл/м ²	5,6 (5;6,3)	5,9 (3,5;7)	0,61
КСР ПЖ, УЗИ, мл/м ²	12,8 (8;15)	16 (8;23)	0,3
ФВ ПЖ, МРТ	44,3 (39,4;47,7)	53,3 (45,2;60)	0,0001
ФВ ПЖ, синусная часть, МРТ	25,3 (18,2;33,6)	33,2 (23,3;41,3)	0,01
ФВ ВОПЖ, МРТ	36,1 (30,4;42,7)	44,5 (39;55)	0,0017
ФВ ПЖ, УЗИ	51,5 (49;55)	58,3 (50;65)	0,02
Ударный объем ПЖ, МРТ	30,65 (22;39,2)	27,67 (19,4;31)	0,45
Ударный объем ПЖ, УЗИ	24,6 (25;36)	24 (17;31)	0,9
Ударный индекс ПЖ	39,6 (29,8;46)	29,3 (23,4;36,8)	0,0035
Сердечный выброс ПЖ	2,4 (1,7;3,1)	2,25 (1,7;2,4)	0,61
Сердечный индекс ПЖ	3,1 (2,4;3,8)	2,4 (1,8;3)	0,01
Легочная регургитация МРТ, %	36,7 (32;44)	13,2 (3;14)	0,000001
Легочная регургитация МРТ, мл	19,5 (12,2;19,4)	5,5 (1,2;6,3)	0,000001

Примечание: КСР – конечный систолический размер.

Данные табл. 4 свидетельствуют, что фракция выброса правого желудочка как в целом, так и в разных его частях была достоверно выше во II группе, в то время как конечный диастолический объем правого желудочка как в целом, так и в разных его частях и ударный объем были достоверно выше в I группе. Легочная регургитация также была значительно выше в I группе – 36,7 (32; 44) против 13,2 (3; 14) ($p > 0,01$). Коэффициент В для легочной регургитации был значительно ниже в группе II по сравнению с группой I, В coef. (95%-ный доверительный интервал) – 0,19 (0,04–0,72), $p = 0,02$. Для данной группы проведен однофакторный и многофакторный логистический регрессионный анализ, данные представлены в табл. 5.

При многофакторном анализе была выявлена отрицательная связь между фракцией выброса правого желудочка и легочной регургитацией – 0,51 (95%-ный доверительный интервал – 0,98; –0,14) (рис. 1).

Кроме того, была выявлена положительная связь между конечным диастолическим объе-

мом правого желудочка и легочной регургитацией – 0,39 (95%-ный доверительный интервал – 0,09–0,68) (рис. 2).

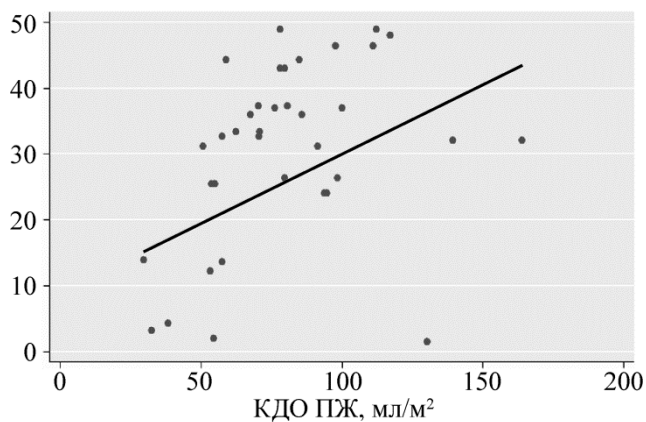
Осложнений при выполнении обследования зафиксировано не было.

Радикальная коррекция в раннем детском возрасте на данный момент – основной вид хирургической помощи пациентам с тетрадой Фалло [3, 12, 14]. С момента первой операции тактика лечения данного заболевания постоянно совершенствуется, благодаря этому во всем мире были достигнуты хорошие результаты в ближайшем и отдаленном послеоперационном периодах [13]. Одной из основных проблем хирургии тетрады Фалло остается реконструкция ВОПЖ с ее гемодинамическими последствиями [1, 3, 7, 12]. Послеоперационный период осложняется правожелудочковой недостаточностью, которая может приводить к неблагоприятному исходу. Одна из возможных причин – это нарушение анатомии правого желудочка и легочная регургитация.

Таблица 5

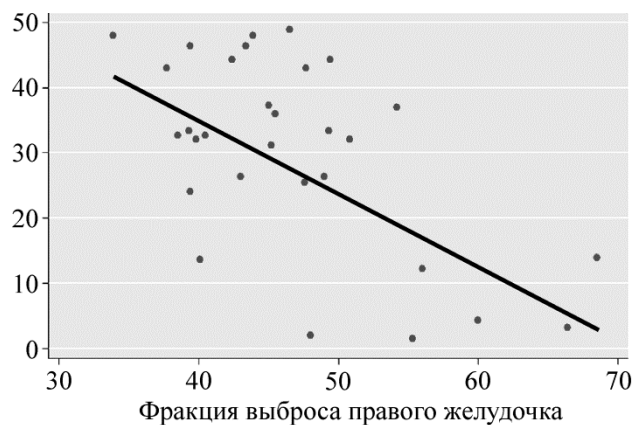
Однофакторный и многофакторный логистический регрессионный анализ для легочной регургитации

Признак	Однофакторный анализ		Многофакторный анализ	
	в coef. (95%-доверительный интервал)	<i>p</i>	в coef. (95%-доверительный интервал)	<i>p</i>
Сердечный индекс ПЖ	8,7 (4,9–12,6)	0,0001	–	–
Сердечный выброс ПЖ	8,8 (4,5–13,1)	0,0001	–	–
Ударный индекс ПЖ	0,65 (0,3–0,95)	0,0001	–	–
Ударный объем ПЖ	0,63 (0,3–0,96)	0,0003	–	–
ФВ ПЖ	-1,1 (-1,5...-0,6)	0,0001	-0,51(-0,98...-0,14)	0,03
ФВ ПЖ, синусная часть	0,39 (0,26–0,53)	0,001	–	–
ФВ ВОПЖ	0,77 (-1,1...-0,36)	0,0004	–	–
КДО ВОПЖ	1,9 (0,38–3,45)	0,015	–	–
КДО ПЖ, синусная часть	0,25 (0,11–0,39)	0,0005	–	–
КДО ПЖ	0,2(0,07 – 0,34)	0,0003	0,39 (0,09–0,68)	0,01



• Легочная регургитация — Линейное предсказание

Рис. 1. Связь между фракцией выброса правого желудочка и легочной регургитацией



• Легочная регургитация — Линейное предсказание

Рис. 2. Связь между конечным диастолическим объемом правого желудочка и легочной регургитацией

Диагностика признаков правожелудочковой недостаточности в раннем послеоперационном периоде является очень сложной и, как правило, субъективной, однако метод транспульмональной термодилуции позволяет в первые часы выявить функциональное состояние сердца, а также скорректировать лечение в палате интенсивной терапии [2]. Наше исследование показывает, что состояние основных показателей пред-, постнагрузки и сердечного выброса, накопление внесосудистой воды в легких по данным транспульмональной термодилуции подвержено быстрым динамическим изменениям.

Один из ориентировочных признаков нарушения функции сердца по данным транспульмональной термодилуции – сердечный индекс (СИ). В нашем исследовании мы получили сниженный сердечный индекс на фоне проводимого лечения в группе трансаннулярной пластики, что связано с реконструкцией пути оттока заплотой, нарушением геометрии правого желудочка, легочной регургитацией, отеком миокарда и остаточным градиентом на ВОПЖ. Спустя 24 часа показатели достоверно не отличаются.

Также стоит отметить важный фактор постнагрузки – сердечно-сосудистое сопротивление (ССС), которое было максимальным на протяжении всего исследования, предположительно за счет стресс-реакции.

Отдаленная выживаемость после реконструкции тетрады Фалло основана на своевременном выявлении дисфункции правого желудочка для определения показаний к имплантации клапанного кондуита в позицию легочной артерии, измерении выраженности недостаточности на уровне клапана легочной артерии, глобального размера правого желудочка по эхокардиографии и МРТ, оценке клинического статуса с помощью нагрузочных проб и проаритмогенных факторов, например расширение QRS [12].

В последние 5 лет активно применяют МРТ-технологии для анализа функциональ-

ных компонентов правого желудочка (синусового и выходного отделов), так как ультразвуковое исследование не может отразить полную картину его функционирования [11, 12, 15]. Наше исследование, как и многие другие, демонстрирует, что МРТ-технологии отображают более точную функцию правого желудочка после коррекции тетрады Фалло.

Несоответствия между остаточными гемодинамическими нарушениями правого желудочка и клинико-функциональными эффектами (фракция выброса, КДО правого желудочка) у данной категории пациентов, оцениваемыми по МРТ, описаны лишь в нескольких исследованиях [4, 10–12, 15]. Все они показывают, что дисфункция выходного отдела правого желудочка неблагоприятно влияет на глобальную функцию правого желудочка.

Vove и соавт. [12] при определении глобальной функции правого желудочка пришли к выводу, что сниженная в целом или даже отсутствующая контрактильная функция выходного отдела правого желудочка приводит к недооценке его глобальной функции.

Lytrivi и соавт. [16] пришли к схожему заключению. Авторы также определили норму фракции выброса синусовой части у пациентов после реконструкции тетрады Фалло (43–64 %), сопоставимую с контрольной группой. Более того, они выявили, что трабекулярная часть является главной движущей силой ПЖ и обеспечивает большую часть приспособляемости к хроническим объемным перегрузкам.

Хотя в этих работах исследуются пациенты с тетрадой Фалло, информации о видах пластик выходного отдела правого желудочка не представлено. В нашем исследовании большей регионарной дисфункцией синусовой части и выходного отдела правого желудочка обладала группа пациентов с трансаннулярной пластикой. В данной группе дискinez был распространенным и затрагивал как выходной отдел, так и синусовую часть.

Вследствие этого КДО синусной части и выходного отдела правого желудочка также был достоверно выше по сравнению со второй группой. Wald и коллеги [24] объясняют дисфункцию правого желудочка у пациентов с трансаннулярной пластикой использованием большой заплаты, которая и создает зоны дискинеза и может являться причиной легочной регургитации по сравнению с пациентами, прооперированными с сохранением фиброзного кольца. Наши результаты подтверждают эти данные. В частности, была отмечена значительно более низкая частота легочной регургитации в группе лиц с сохранением фиброзного кольца, о чем свидетельствует соответствующий β coef. (95%-ный доверительный интервал) – 0,19 (0,04–0,72). Кроме того, в нашем исследовании выявлена положительная корреляция с КДО правого желудочка и отрицательная корреляция с фракцией выброса как с независимыми предикторами легочной регургитации.

Повышение ударного индекса в группе с трансаннулярной пластикой является следствием объемной перегрузки правого желудочка. Компенсируя растущий КДО, увеличивается и ударный объем по закону Старлинга. Однако длительная перегрузка правого желудочка за счет легочной регургитации приводит к декомпенсации и правожелудочковой недостаточности [18, 22]. Решением в таких случаях является имплантация легочного кондуита [12].

Остается спорным вопрос, когда выполнять таким пациентам установку клапанного кондуита. По мнению Vove и соавт. [12], несмотря на клиническое проявление сердечной недостаточности, текущее решение по восстановлению функции ПЖ путем имплантации легочного кондуита должно основываться на определении глобальных объемов правого желудочка. Другие же авторы рекомендуют имплантировать кондуиты в позицию легочных артерий при появлении клинической симптоматики [6, 21]. Несколь-

ко исследований сообщают о неоднозначных результатах, нормализации размеров правого желудочка без оперативного вмешательства [8, 19, 23]. Однако эти исследования основывались на изучении ремоделирования ПЖ как единой анатомической структуры, а не отдельных его частей. Мы считаем, что отбор пациентов должен происходить по индивидуальному функциональному подсчету основных компонентов ПЖ на основании его глобальных объемов. Большая акинетическая зона ВОПЖ увеличивает КДО, провоцируя снижение реальной функции ПЖ, а также вовлекает контрактивные свойства других частей правого желудочка, участвующих в процессе ремоделирования. Поэтому в таких случаях, как сообщают Wald и соавт. [24], должна выполняться расширенная резекция зон акинезиса имплантацией клапанного кондуита для максимальной функциональной реабилитации правого желудочка.

Выводы

Сохранение фиброзного кольца легочной артерии обеспечивает лучшие параметры гемодинамики, включая систолическую и диастолическую функции, в раннем послеоперационном периоде по сравнению с трансаннулярной пластикой выходного отдела правого желудочка.

Нарушения функции правого желудочка в отдаленном периоде в группе лиц с трансаннулярной пластикой связаны с наличием более выраженной легочной регургитации и наличием выключенного участка правого желудочка в области его выходного отдела, при этом контрактивными свойствами характеризуется и синусовая часть.

Библиографический список

1. Нарциссова Г.П., Прохорова Д.С., Матвеева Н.В. Оценка легочной регургитации методом доплер-эхокардиографии у

пациентов после радикальной коррекции тетрады Фалло. Патология кровообращения и кардиохирургия 2012; 16 (2): 15–19.

2. Струнин О.В., Перевозчикова А.А., Ломиворотов В.В. Состояние основных параметров гемодинамики по данным транс-пьюльмональной термодилуции у детей с массой тела менее 10 кг после коррекции врожденных пороков сердца с легочной гиперволемией. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия 2012; 5 (2): 98–103.

3. Суханов С.Г., Орехова Е.Н., Синельников Ю.С. Механическая функция правого желудочка у детей первого года жизни с тетрадой Фалло. Патология кровообращения и кардиохирургия 2015; 19 (3): 19–25.

4. Alghamdi M.H., Mertens L., Lee W. Longitudinal right ventricular function is a better predictor of right ventricular contribution to exercise performance than global or outflow tract ejection fraction in tetralogy of Fallot: a combined echocardiography and magnetic resonance study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging 2013; 14: 235–239.

5. Baumgartner H., Bonhoeffer P., De Groot N.M. ESC guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010.) Eur Heart J 2010; 31 (23): 2915–2957.

6. Bigdelian H., Mardani D., Sedighi M. The effect of pulmonary valve replacement surgery on hemodynamics of patients who underwent repair of tetralogy of Fallot. J Cardiovasc Thorac Res 2015; 7 (3): 122–125.

7. Bove T., Vandekerckhove K., Devos D. Functional analysis of the anatomical right ventricular components: should assessment of right ventricular function after repair of tetralogy of Fallot be refined? Eur J Cardiothorac Surg 2014; 45: e6–12.

8. Buechel E.R., Dave H.H., Kellenberger C.J. Remodelling of the right ventricle after early pulmonary valve replacement in children with repaired tetralogy of Fallot: assessment by cardiovascular magnetic resonance. Eur Heart J 2005; 26: 2721–2727.

9. Fakler U., Pauli Ch., Balling G. Cardiac index monitoring by pulse contour analysis and thermodilution after pediatric cardiac surgery. J Thor Cardiovasc Surg 2007; 133 (1): 224–228.

10. Freling H.G., Pieper P.G., Vermeulen K.M. Improved cardiac MRI volume measurements in patients with tetralogy of Fallot by independent end-systolic and end-diastolic phase selection. PLoS One 2013; 8 (1): e55462.

11. Gorter T.M., van Melle J.P., Freling H.G. Pulmonary regurgitant volume is superior to fraction using background-corrected phase contrast MRI in determining the severity of regurgitation in repaired tetralogy of Fallot. Int J Cardiovasc Imaging 2015; 31 (6): 1169–1177.

12. Hamilton D.I., Di Eusanio., Piccoli G.P. Eight years experience with intracardiac repair of tetralogy of Fallot. Early and late results in 175 consecutive patients. Br Heart J 1981; 46 (2): 144–151.

13. Johnson R.J., Haworth S.G. Pulmonary vascular and alveolar development in tetralogy of Fallot: a recommendation for early correction. Thorax 1982; 37 (12): 893–901.

14. Kadam S.V., Tailor K.B., Kulkarni S. Effect of dexmedetomidine on postoperative junctional ectopic tachycardia after complete surgical repair of tetralogy of Fallot: A prospective randomized controlled study. Ann Card Anaesth 2015; 18 (3): 323–328.

15. Koestenberger M., Ravekes W., Nagel B. Longitudinal systolic ventricular interaction in pediatric and young adult patients with TOF: a cardiac magnetic resonance and M-mode echocardiographic study. Int J Cardiovasc Imaging 2013; 29: 1707–1715.

16. Lytrivi I.D., Ko H.H., Srivastava S. Regional differences in right ventricular systolic function as determined by cine magnetic resonance imaging after infundibulotomy. Am J Cardiol 2004; 94: 970–973.

17. Marterer R., Hongchun Z., Tschauer S. Cardiac MRI assessment of right ventricular function: impact of right bundle branch block on

the evaluation of cardiac performance parameters. *Eur Radiol* 2015; 25 (12): 3528–3535.

18. *Morcos P., Vick G.W., Sabn D.J.* Correlation of right ventricular ejection fraction and tricuspid annular plane systolic excursion in tetralogy of Fallot by magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009; 25: 263–270.

19. *Oosterbof T., van Straten A., Vliegen H.W.* Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiac magnetic resonance. *Circulation* 2007; 116: 545–551.

20. *Perevozchikova A., Strumin O., Karas-kov A.* Dynamics of extravascular lung water volume in infants after congenital heart surgery with cardiopulmonary bypass. *J Cardiothor Vasc Anest* 2011; 25: 10.

21. *Sabate Rotes A., Connolly H.M., Warnes C.A.* Ventricular arrhythmia risk stratification in patients with tetralogy of Fallot at the

time of pulmonary valve replacement. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2015; 8 (1): 110–116.

22. *Selly J.B., Iriart X., Roubertie F.* Multivariable assessment of the right ventricle by echocardiography in patients with repaired tetralogy of Fallot undergoing pulmonary valve replacement: a comparative study with magnetic resonance imaging. *Arch Cardiovasc Dis* 2015; 108 (1): 5–15.

23. *Therrien J., Siu S.C., McLaughlin P.R.* Pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of Fallot: are we operating too late? *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 1670–1675.

24. *Wald R.M., Haber I., Wald R.* Effects of regional dysfunction and late gadolinium enhancement on global right ventricular function and exercise capacity in patients with repaired tetralogy of Fallot. *Circulation* 2009; 119: 1370–1377.

Материал поступил в редакцию 28.05.2016