

Козлов Борис Николаевич, докт. мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: bnkozlov@yandex.ru.

Ворожцова Ирина Николаевна, докт. мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения ультразвуковой и функциональной диагностики Научно-исследовательского института кардиологии, Томский

национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Усов Владимир Юрьевич, докт. мед. наук, профессор, руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: ussov1962@yandex.ru.

УДК 616.71.124.2.127-007.253

ОЦЕНКА АНАТОМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ КОРРЕКЦИИ ТЕТРАДЫ ФАЛЛО

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения им. акад. Е.Н. Мешалкина" Министерства здравоохранения Российской Федерации

E-mail: a_omelchenko@meshalkin.ru

ASSESSMENT OF ANATOMICAL PARTS OF THE RIGHT VENTRICLE IN PATIENTS AFTER TETRALOGY OF FALLOT REPAIR

A.Y. Omelchenko, Y.N. Gorbatykh, I.A. Soynov, A.V. Voitov, Y.Y. Kulyabin, I.A. Kornilov, A.V. Gorbatykh, A.V. Bogachev-Prokofiyev

Federal State Budgetary Institution "Novosibirsk Research Institute of Circulation Pathology n.a. acad. E.N. Meshalkin"

Цель исследования: определить влияние главных анатомических компонентов правого желудочка (ПЖ) на его глобальную функцию с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) у пациентов после различных реконструктивных операций при тетраде Фалло. Материал и методы. Мы провели ретроспективный обзор 52 асимптоматичных, клинически стабильных пациентов (28 мальчиков и 24 девочки) после хирургической реконструкции при тетраде Фалло в возрасте 7,5 (5,5; 9,5) лет, для оценки дисфункции ПЖ на базе центра детской кардиохирургии и хирургии новорожденных детей ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина Минздрава России. Все дети были разделены на две группы по способу хирургической коррекции тетрады Фалло: трансаннулярная пластика (I группа, 26 человек) или с сохранением кольца клапана легочной артерии (II группа, 26 человек). Результаты. Фракция выброса ПЖ как в целом, так и в разных его частях была достоверно выше во II группе, в то время как конечный диастолический объем ПЖ 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), $p > 0,01$. Отношение шансов (ОШ) для легочной регургитации было значительно ниже во II группе по сравнению с I группой, ОШ (95%-й доверительный интервал, ДИ) 0,19 (0,04–0,72), $p = 0,02$. Выводы. После реконструкции тетрады Фалло функция ПЖ зависит от вида реконструкции выходного отдела правого желудочка (ВОПЖ). С помощью отдельных функциональных анализов анатомических компонентов ПЖ наше исследование показало, что глобальная функция ПЖ снижена в группе пациентов с трансаннулярной пластикой. Нарушения функции ПЖ в отдаленном периоде в группе трансаннулярной пластики связаны с наличием более выраженной легочной регургитации и наличием выключенного участка ПЖ в области ВОПЖ, вовлекая в контрактильные свойства синусовую часть.

Ключевые слова: тетрада Фалло, МРТ, легочная регургитация, дисфункция правого желудочка.

Objectives. The objective of the study was to investigate the influence of the main right ventricular (RV) anatomical components on global RV function by using CMRI after tetralogy of Fallot (TOF) repair based on various surgical approaches. Materials and Methods. A total of 52 asymptomatic, clinically stable patients (28 boys and 24 girls) aged 7.5 (5.5; 9.5) years were retrospectively examined after TOF repair to assess RV dysfunction in the Pediatric Cardiac Surgery Department of the Novosibirsk Research Institute of Circulation Pathology n.a. acad. E.N. Meshalkin. All patients were divided into 2 groups depending on surgery technique of TOF repair: transannular plasty (group I, 26 pts) or TOF repair with pulmonary

annulus preservation (group 2, 26 pts). Results. Right ventricular ejection fraction for the entire ventricle and for its parts was significantly higher in group 2 whereas RV end diastolic volume (EDV) for the entire ventricle and for its parts and stroke volume (SV) were significantly higher in group 1. Pulmonary regurgitation was also higher in group 1: 36.7 (32; 44) versus 13.2 (3; 14) ($p > 0.01$). Odds ratio for pulmonary regurgitation was lower in group 2 in comparison with group 1: OR (95% confidence interval, CI) 0.19 (0.04–0.72), $p = 0.02$. Conclusions. Right ventricular function after TOF repair depends on the type of right ventricular outflow tract (RVOT) reconstruction. Through separate functional analysis of the anatomical RV components, this study demonstrated that the global RV function is decreased in patients after transannular plasty. Long-term RV dysfunction in group with transannular plasty was associated with significant pulmonary regurgitation and the presence of large akinetic RVOT region involving the sinus part in the contraction.

Key words: tetralogy of Fallot, MRI, pulmonary regurgitation, right ventricular dysfunction.

Введение

Тетрада Фалло относится к группе часто встречаемых врожденных пороков сердца, среди новорожденных и младенцев данный порок составляет 5,6–14% случаев [1, 2]. Естественное течение таких пациентов неблагоприятное, поэтому хирургическое лечение им выполняют в младенчестве. Несмотря на то, что с течением времени результаты хирургического лечения тетрады Фалло значительно улучшены, отдаленные результаты по-прежнему нельзя назвать удовлетворительными [3, 4]. Как правило, такие пациенты имеют дисфункцию ПЖ из-за многолетней массивной легочной регургитации [5]. С внедрением МРТ улучшилось понимание патофизиологических механизмов развития дисфункции ПЖ. Обычно ПЖ характеризуется как единая структура в противовес его истинной сложной геометрии, которая изменяется при хирургической коррекции. Последние сообщения показывают, что глобальная функциональная оценка ПЖ как единой анатомической структуры не отражает настоящую его функцию [6, 7]. I.D. Lutrivi и соавт. [8] показали, что пациенты после реконструкции тетрады Фалло имеют сниженную глобальную систолическую функцию ПЖ 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 ПЖ.

Цель исследования: определить влияние главных анатомических компонентов ПЖ на его глобальную функцию с помощью МРТ у пациентов после различных реконструктивных операций при тетраде Фалло.

Материал и методы

В настоящее ретроспективное исследование были включены 52 асимптоматичных, клинически стабильных пациента (28 мальчиков и 24 девочки) после хирургической реконструкции при тетраде Фалло в возрасте 7,5 (5,5; 9,5) лет для оценки дисфункции ПЖ на базе Центра детской кардиохирургии и хирургии новорожденных детей ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина Минздрава России. Все дети были разделены на две группы по способу хирургической коррекции тетрады Фалло: трансаннулярная пластика (I группа, 26 человек) или с сохранением кольца клапана легочной артерии (II группа, 26 человек). Для избежания посторонних факторов из исследования были исключены пациенты с кардиостимулятором и пациенты, имеющие градиент на выходном отделе ПЖ более 50 мм рт. ст.

Эхокардиография. Эхокардиография выполнялась по стандартному протоколу. Датчики использовались в соответствии с ростом и весом пациента. Для получения изображения были использованы стандартные позиции (верхушечная, парастеральная, четырех-, трех-, и двухкамерная). Скорость развертки была установлена на уровне 100 см/с. Глубина и ширина изображения сектора были оптимизированы для 50–90 кадров в секунду. Изображения были получены при спокойном дыхании. Были проанализированы три сердечных цикла.

МРТ. Пациенты были обследованы на магнитно-резонансном томографе 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 толщиной среза 5 мм, интервалом 0 мм. При этом позиционирование срезов проводилось в стандартной последовательности. Морфология левого желудочка (ЛЖ) и ПЖ, в частности их форма, толщина стенок и показатели сократимости оценивались в кинорежиме B_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 ЛЖ и ПЖ.

Для анализа клапанной и желудочковой функции мы выполняли сканы по оси сердца. 2- и 4-камерные кино МРТ выполнялись для визуализации клапанной недостаточности.

Для вычисления глобальной функции желудочков выполнялся анализ изображений по короткой оси, дополнительные косые изображения были получены для анализа анатомии или глобальной функции. Дополнительно МРТ-изображения выравнивались вдоль ВОПЖ для визуализации легочной недостаточности и расширения ВОПЖ. Магнитно-резонансная ангиография (МРА) с контрастным усилением используется 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 ПЖ проводилось сканирование в плоскости по короткой оси, в 2- и 4-камерной плоскостях в режиме T1_TFE_SPIR и 3DT1_TFEPSIR для изучения отсроченного накопления контрастного вещества. Время задержки сатурационного импульса TFE Prepulse 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 ПЖ и ЛЖ серия срезов в коронарной плоскости обрабатывалась с использованием программ Philips MR Cardiac Explorer или Philips MR Cardiac Analysis.

Непрерывные переменные представлены в виде медианы (25; 75 процентиль), если не указаны другие. Категорические переменные представлены в виде чисел (%). Использовались тесты Манна–Уитни, критерии хи-квад-

рат или Фишера для межгрупповых сравнений. Логистическая регрессия была использована для оценки связи между тяжестью легочной регургитации и КДО и фракцией выброса ПЖ. Для многофакторного логистического регрессионного анализа была использована пошаговая процедура с отсечением р-значения 0,20 для разработки окончательной регрессионной модели. Статистически значимым считалось значение двустороннего р меньше 0,05. Статистический анализ проводился с использованием программы STATA 13.

Результаты

Демографические характеристики пациентов в обеих группах не отличались. Средний возраст: 7,5 (5; 10) лет в I группе и 7,2 (6; 8) лет во II группе (p=0,8). Масса тела: 19,5 (14; 23) кг в I группе и 23,3 (15; 26) кг во II группе (p=0,1). Рост: 89 (76;102) см в I группе и 87,9 (80; 90) см во II группе (p=0,6). Площади поверхности тела: 0,79 (0,63; 0,91) в I группе и 0,88 (0,69; 0,98) во II группе (p=0,16).

Показатели ЛЖ пациентов в обеих группах приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что показатели ЛЖ у пациентов после тетрады Фалло достоверно не отличались.

Показатели ПЖ пациентов в обеих группах приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что фракция выброса ПЖ как в целом, так и в разных его частях была достоверно выше во II группе, в то время как КДО ПЖ как в целом, так и в разных его частях и ударный объем были достоверно выше в I группе. Легочная

Таблица 1

Показатели ЛЖ у пациентов после коррекции тетрады Фалло (медиана (25; 75 процентиль) или числовой показатель (%))

Показатели	I группа (n=26)	II группа (n=26)	p
КДО ЛЖ, МРТ, мл/м ²	48,35 (47,3;73,6)	46,31 (32,4;53,3)	0,35
КДО ЛЖ, УЗИ, мл/м ²	73 (62;79)	69,4 (57;76)	0,07
КСР ЛЖ, МРТ, мл/м ²	22,7 (17,6;25,3)	18,48 (15,2;22)	0,09
КСР ЛЖ, УЗИ, мл/м ²	19,85 (16,5;23,4)	17,5 (16,1;22,3)	0,2
ФВ ЛЖ, МРТ	62,9 (58,6;68,4)	65,7 (60,5;68,5)	0,17
ФВ ЛЖ, УЗИ	72,9 (68;77)	71,1 (67;77)	0,23
Ударный объем, МРТ	24 (18,8;29,5)	26,5 (20,2;32)	0,16
Ударный объем, УЗИ	33,4 (29;39)	41,5 (35;38)	0,08
Ударный индекс	31,15 (25,7;32,5)	29 (22,6;30,6)	0,48
Сердечный выброс	1,9 (1,5;2,3)	2,1 (1,7;2,5)	0,09
Сердечный индекс	2,5 (2,1;2,6)	2,4 (1,8;2,7)	0,05

Таблица 2

Показатели ПЖ у пациентов после коррекции тетрады Фалло (медиана 25; 75 процентиль)

Показатели	I группа (n=26)	II группа (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

Таблица 3

Однофакторный и многофакторный логистический регрессионный анализ для легочной регургитации

Признаки	Однофакторный анализ		Многофакторный анализ	
	ОШ (95% ДИ)	p	ОШ (95% ДИ)	p
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 sin ПЖ	0,39 (0,26–0,53)	0,0001	–	–
ФВ ВОПЖ	0,77 (–1,1–0,36)	0,0004	–	–
КДО ВОПЖ	1,9 (0,38–3,45)	0,015	–	–
КДО sin ПЖ	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

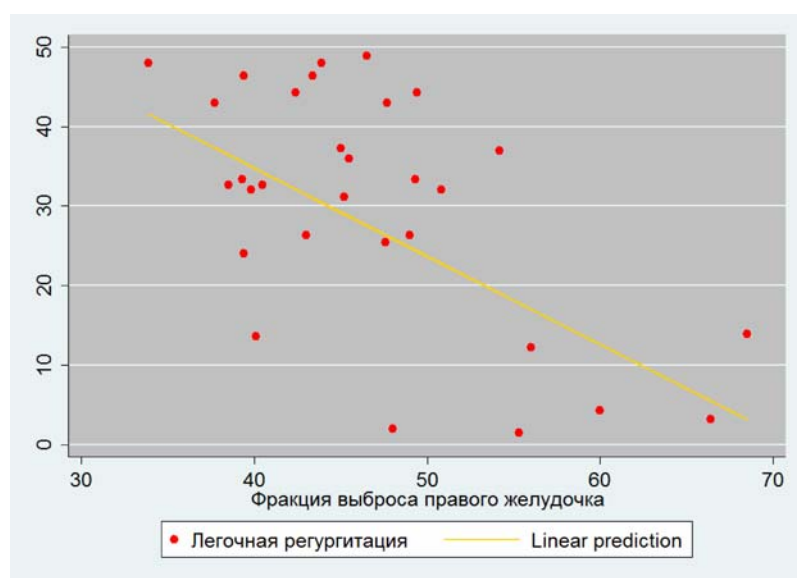


Рис. 1. Связь между фракцией выброса ПЖ и легочной регургитацией

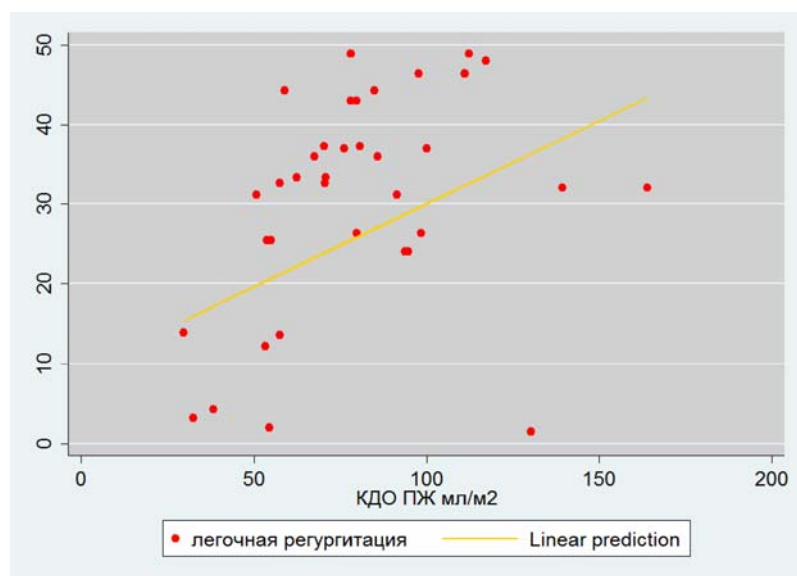


Рис. 2. Связь между КДО ПЖ и легочной регургитацией

регургитация также была значительно выше в I группе 36,7 (32;44) против 13,2 (3;14), $p>0,01$. ОШ для легочной регургитации были значительно ниже во II группе по сравнению с I группой, ОШ (95%-й доверительный интервал, ДИ) 0,19 (0,04–0,72), $p=0,02$. Для данной группы проведен однофакторный и многофакторный логистический регрессионный анализ, данные представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что при многофакторном анализе была выявлена отрицательная связь между фракцией выброса ПЖ и легочной регургитацией – 0,51, 95% доверительный интервал (ДИ): –0,98 ... –0,14 (рис. 1).

Кроме того, была выявлена положительная связь между КДО ПЖ и легочной регургитацией – 0,39, 95% ДИ: 0,09–0,68 (рис. 2).

Осложнений при выполнении обследования зафиксировано не было.

Обсуждение

Отдаленная выживаемость после реконструкции тетрады Фалло основана на своевременном выявлении дисфункции ПЖ для определения показаний к имплантации клапанного кондуита в позицию легочной артерии, измерения выраженности недостаточности на уровне клапана легочной артерии, глобальном размере ПЖ по ЭхоКГ и МРТ, оценке клинического статуса с помощью нагрузочных проб и проаритмогенных факторов, например, расширение QRS [6].

В последние 5 лет активно применяют МРТ-технологии для анализа функциональных компонентов ПЖ (синусового и выходного отделов), так как ультразвуковое исследование не может отразить полную картину функции ПЖ [5, 6, 9]. Как и многие другие, наше исследование демонстрирует концептуально новый подход МРТ-технологий, которые отображают более точную функцию ПЖ после коррекции тетрады Фалло.

Несоответствия между остаточными гемодинамическими нарушениями ПЖ и клинико-функциональными эффектами (фракции выброса, КДО ПЖ) у данной категории пациентов, которые оценивались по МРТ, описаны лишь в нескольких исследованиях [5–7, 9, 10]. Все эти исследования показывают, что дисфункция ВОПЖ неблагоприятно влияет на глобальную функцию ПЖ.

Bove и соавт. [6] при определении глобальной функции ПЖ пришли к выводу, что сниженная в целом или даже отсутствующая контрактильная функция ВОПЖ приводит к недооценке глобальной функции ПЖ.

I.D. Lytrivi и соавт. [8] пришли к схожему заключению относительно пациентов после реконструкции тетрады Фалло. Авторы также определили норму фракции выброса синусовой части 43–64%, сопоставимую с контрольной группой. Более того, они выявили, что трабекулярная часть является главной двигающей силой ПЖ и обеспечивает большую часть приспособляемости к хроническим объемным перегрузкам.

Хотя все эти исследования показывают общую популяцию пациентов с тетрадой Фалло, они не разграничивают их на виды пластик выходного отдела ПЖ. В нашем исследовании большей регионарной дисфункцией синусовой части и ВОПЖ обладала группа пациентов с трансаннулярной пластикой. В данной группе дискинез был распространенным и затрагивал как выходной отдел, так и синусовую часть. Вследствие этого КДО синусовой части и выходного правого желудочка также было достоверно выше по отношению ко II группе. R.M. Wald и соавт. [11] объясняют дисфункцию ПЖ у пациентов с трансаннулярной пластикой использованием большой заплаты, которая и создает зоны дискинеза и может являться причиной легочной регургитации в сравнении с пациентами, прооперированными с сохранением фиброзного кольца. Наши результаты подтверждают эти данные. В частности была отмечена значительно более низкая частота легочной регургитации в группе с сохранением фиброзного кольца, о чем свидетельствует соответствующее OR (95% CI) 0,19 (0,04–0,72). Кроме того, в нашем исследовании выявлена положительная корреляция с КДО ПЖ и отрицательная корреляция с фракцией выброса как независимых предикторов легочной регургитации.

Повышение ударного индекса в группе с трансаннулярной пластикой является следствием объемной перегрузки ПЖ. Компенсируя растущий КДО, увеличивается и ударный объем по закону Старлинга. Однако длительная перегрузка ПЖ за счет легочной регургитации приводит к декомпенсации и правожелудочковой недостаточности [12, 13]. Решением в таких случаях является имплантация легочного кондуита [6].

Остается спорным вопрос, когда выполнять таким пациентам установку клапанного кондуита. По мнению Bove и соавт. [6], несмотря на клиническое проявление сердечной недостаточности, текущее решение по восстановлению функции ПЖ путем имплантации легочного кондуита должно основываться на определении глобальных объемов ПЖ. Другие же авторы рекомендуют имплантировать кондуиты в позицию легочных артерий при появлении клинической симптоматики [14, 15]. Несколько исследований сообщают о неоднозначных результатах, нормализации размеров ПЖ без оперативного вмешательства [16–18]. Однако эти исследования основывались на изучении ремоделирования ПЖ как единой анатомической структуры, а не отдельных его частях. Мы считаем, что отбор пациентов должен происходить по индивидуальному функциональному подсчету основных компонентов ПЖ, основываясь на его глобальных объе-

мах. Большая акинетическая зона ВОПЖ увеличивает КДО, провоцируя снижение реальной функции ПЖ, а также вовлекает контрактильные свойства других частей ПЖ, вовлеченных в процесс ремоделирования. Поэтому в таких случаях, как сообщают R.M. Wald и соавт. [11], должна выполняться расширенная резекция зон акинеза с имплантацией клапанного кондуита для максимальной функциональной реабилитации ПЖ.

Выводы

После реконструкции тетрады Фалло функция ПЖ зависит от вида реконструкции ВОПЖ. С помощью отдельных функциональных анализов анатомических компонентов ПЖ наше исследование показало, что глобальная функция ПЖ снижена в группе пациентов с трансаннулярной пластикой. Нарушения функции ПЖ в отдаленном периоде в группе трансаннулярной пластики связаны с наличием более выраженной легочной регургитации и наличием выключенного участка ПЖ в области ВОПЖ, вовлекая в контрактильные свойства синусовую часть.

Литература

1. Kadam S.V., Tailor K.B., Kulkarni S. et al. 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. – Vol. 18(3). – P. 323–328.
2. Baumgartner H., Bonhoeffer P., De Groot N.M. et al. ESC guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010) // *Eur. Heart J.* – 2010. – Vol. 31(23). – P. 2915–2957.
3. Marterer R., Hongchun Z., Tschauener S. et al. Cardiac MRI assessment of right ventricular function: impact of right bundle branch block on the evaluation of cardiac performance parameters // *Eur. Radiol.* – 2015. – Vol. 25 (12). – P. 3528–3535.
4. Суханов С.Г., Орехова Е.Н., Синельников Ю.С. и др. Механическая функция правого желудочка у детей первого года жизни с тетрадой Фалло // *Патология кровообращения и кардиохирургия.* – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 19–25.
5. Gorter T.M., van Melle J.P., Freling H.G. et al. 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. – Vol. 31(6). – P. 1169–1177.
6. Bove T., Vandekerckhove K., Devos D. et al. 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. – Vol. 45. – P. e6–e12.
7. Freling H.G., Pieper P.G., Vermeulen K.M. et al. Improved cardiac MRI volume measurements in patients with tetralogy of Fallot by independent end-systolic and end-diastolic phase selection // *PLoS One.* – 2013. – Vol. 8(1). – P. e55462.
8. Lytrivi I.D., Ko H.H., Srivastava S. et al. Regional differences in right ventricular systolic function as determined by cine magnetic resonance imaging after infundibulotomy // *Am. J. Cardiol.* – 2004. – Vol. 94. – P. 970–973.
9. Koestenberger M., Ravekes W., Nagel B. et al. 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. – Vol. 29. – P. 1707–1715.

10. Alghamdi M.H., Mertens L., Lee W. et al. 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. – Vol. 14. – P. 235–239.
11. Wald R.M., Haber I., Wald R. et al. 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. – Vol. 119. – P. 1370–1377.
12. Morcos P., Vick G.W., Sahn D.J. et al. 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. – Vol. 25. – P. 263–270.
13. Selly J.B., Iriart X., Roubertie F. et al. 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. – Vol. 108(1). – P. 5–15.
14. Sabate Rotes A., Connolly H.M., Warnes C.A. et al. Ventricular arrhythmia risk stratification in patients with tetralogy of Fallot at the time of pulmonary valve replacement // Circ. Arrhythm. Electrophysiol. – 2015. – Vol. 8(1). – P. 110–116.
15. 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. – Vol. 7(3). – P. 122–125.
16. Oosterhof T., van Straten A., Vliegen H.W. et al. Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiac magnetic resonance // Circulation. – 2007. – Vol. 116. – P. 545–551.
17. Buechel E.R., Dave H.H., Kellenberger C.J. et al. 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. – Vol. 26. – P. 2721–2727.
18. Therrien J., Siu S.C., McLaughlin P.R. et al. Pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of Fallot: are we operating too late? // J. Am. Coll. Cardiol. – 2000. – Vol. 36. – P. 1670–1675.

Поступила 25.05.2016

Сведения об авторах

Омельченко Александр Юрьевич, канд. мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца, научный сотрудник Центра новых хирургических технологий ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.
Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: a_omelchenko@meshalkin.ru.

Горбатов Юрий Николаевич, докт. мед. наук, профессор, заведующий отделением врожденных пороков сердца ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: yng@meshalkin.ru.

Сойнов Илья Александрович, стажер-исследователь Центра новых хирургических технологий ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: yng@meshalkin.ru.

Войтов Алексей Викторович, врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца Центра новых хирургических технологий ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: alex99.88@mail.ru.

Кулябин Юрий Юрьевич, клинический ординатор по специальности сердечно-сосудистая хирургия ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: alex99.88@mail.ru.

Корнилов Игорь Анатольевич, канд. мед. наук, врач-анестезиолог отделения анестезиологии–реанимации, старший научный сотрудник Центра анестезиологии и реаниматологии ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: i_kornilov@meshalkin.ru.

Горбатов Артем Викторович, канд. мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения врожденных пороков сердца, младший научный сотрудник Центра новых хирургических технологий ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: a_gorbatyh@meshalkin.ru.

Богачев-Прокофьев Александр Владимирович, докт. мед. наук, руководитель Центра новых хирургических технологий ФГБУ “ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России.

Адрес: 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15.
E-mail: i_kornilov@meshalkin.ru.