

- sions by a new resorbable collagen membrane. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012; 14: 469–73.
36. Saeidi M., Sobhani R., Movahedi M., Alsaedi S., Samani R.E. Effect of melatonin in the prevention of postoperative pericardial adhesion formation. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2009; 9 (9): 26–8.
 37. Hendriks M., Mees U., Hill A.C., Egbert B., Coker G.T., Estridge T.D. Evaluation of a novel synthetic sealant for inhibition of cardiac adhesions and clinical experience in cardiac surgery procedures. *Heart Surg. Forum.* 2001; 4: 204–9.
 38. Pace Napoleone C., Valori A., Crupi G., Ocello S., Santoro F., Vouhé P. et al. An observational study of CoSeal for the prevention of adhesions in pediatric cardiac surgery. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2009; 9: 978–82.
 39. Lopes J.B., Dallan L.A., Campana-Filho S.P., Lisboa L.A., Gutierrez P.S., Moreira L.F. et al. Keratinocyte growth factor: a new mesothelial targeted therapy to reduce postoperative pericardial adhesions. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 35: 313–8.
 40. Adamson I.Y., Bakowska J., Prieditis H. Proliferation of rat pleural mesothelial cells in response to hepatocyte and keratinocyte growth factors. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2000; 23: 345–9.
 41. Lopes J.B., Dallan L.A., Moreira L.F., Campana Filho S.P., Gutierrez P.S., Lisboa L.A. et al. Synergism between keratinocyte growth factor and carboxymethyl chitosan reduces pericardial adhesions. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90: 566–72.
 42. Binda M.M., Molinas C.R., Koninckx P.R. Reactive oxygen species and adhesion formation: clinical implications in adhesion prevention. *Hum. Reprod.* 2003; 18: 2503–7.
 43. Tan D.X., Reiter R.J., Manchester L.C., Yan M.T., El-Sawi M., Sainz R.M. et al. Chemical and physical properties and potential mechanisms: melatonin as a broad spectrum antioxidant and free radical scavenger. *Curr. Top. Med. Chem.* 2002; 2: 181–97.
 44. Demirbag S., Cetinkursun S., Tasdemir U., Ozturk H., Pekcan M., Yesildaglar N. Comparison of hyaluronate carboxymethylcellulose membrane and melatonin for prevention of adhesion formation in a rat model. *Hum. Reprod.* 2005; 20: 2021–4.
 45. Hatipoglu A., Turkyilmaz Z., Mert S. The effects of melatonin on postoperative intraabdominal adhesion formation. *Yonsei Med. J.* 2007; 48: 659–64.
 46. Badylak S.F., Freytes D.O., Gilbert T.W. Extracellular matrix as a biological scaffold material: structure and function. *Acta Biomater.* 2009; 5 (1): 1–13.
 47. Boyd W.D., Johnson W.E. 3rd, Sultan P.K., Deering T.F., Matheny R.G. Pericardial reconstruction using an extracellular matrix implant correlates with reduced risk of postoperative atrial fibrillation in coronary artery bypass surgery patients. *Heart Surg. Forum.* 2010; 13: 311–6.

Поступила 01.07.2014

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 116.126-022.7:616.126.45]-089.844

РОТАЦИОННАЯ АНГИОКАРДИОГРАФИЯ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ОБСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ ЛЕГОЧНЫХ АРТЕРИЙ

Л.А. Бокерия, Б.Г. Алякян, М.Г. Пурсанов, Н.Г. Каранетян*

ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия), 121552, Москва, Российская Федерация

В последнее время трехмерные методы инвазивной визуализации активно используются в различных областях медицины. Однако роль ротационной ангиокардиографии (АКГ) и трехмерного моделирования в диагностике и лечении врожденных пороков сердца остается неясной. Цель исследования – сравнить качество визуализации ротационной ангиокардиографии и трехмерного моделирования (3D PA) со стандартной ангиокардиографией при диагностике и лечении обструктивной патологии легочных артерий (ЛА).

Материал и методы. С апреля 2012 по январь 2014 г. ротационная ангиокардиография с трехмерным моделированием при стенозах ЛА выполнена 41 пациенту. Возраст больных – от 10 мес до 36 лет (в среднем $8,4 \pm 4,8$ года). Критериями сравнения двух методов были качество визуализации, доза излучения, объем контрастного вещества и наличие дополнительной информации.

*Алякян Баграт Гегамович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением. E-mail: b_alekjan@mtu-net.ru 121552, Москва, Рублевское шоссе, 135.

Результаты. Выявлено, что качество визуализации ротационной ангиокардиографии с трехмерным моделированием при исследовании сужений долевых и сегментарных ветвей ЛА было значительно выше, чем на стандартной АКГ, в 86,1% случаев, при бифуркационных стенозах ЛА – в 77,8% случаев. При стенозах основных ветвей ЛА достоверной разницы в качестве визуализации между 3D РА и АКГ нет. В 17,1% случаев получена дополнительная информация, которая не была выявлена при двухмерной АКГ. Отмечено снижение дозы рентгеновского излучения в 2 раза при ротационной ангиографии с трехмерным моделированием, в то время как количество использованного контрастного вещества и время исследования являются сопоставимыми по сравнению со стандартной ангиокардиографией.

Заключение. Ротационная ангиокардиография с трехмерным моделированием является более качественным методом визуализации ЛА по сравнению с АКГ, особенно при исследовании периферических отделов ЛА, а также стенозов бифуркации ствола легочной артерии. Она позволяет получить важную дополнительную информацию относительно области интереса, которая не визуализируется при АКГ-исследовании, а также значительно снизить дозу рентгеновского излучения.

Ключевые слова: ротационная ангиокардиография; трехмерное моделирование; стенозы легочных артерий.

Для цитирования: Анналы хирургии. 2014; 6: 15–23.

3D ROTATIONAL ANGIOGRAPHY IN PULMONARY ARTERIES OBSTRUCTIVE PATHOLOGY: DIAGNOSTICS AND TREATMENT

L.A. Bockeria, B.G. Alekyan, M.G. Pursanov, N.G. Karapetyan*

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery, 121552, Moscow, Russian Federation

Recently, three-dimensional methods of invasive imaging are widely used in various fields of medicine. However, the role of rotational angiokardiografii and three-dimensional modeling in the diagnosis and treatment of congenital heart disease remains unclear. Aim: to evaluate imaging quality of rotational angiography and 3D modeling in patients with pulmonary arteries stenosis.

Material and methods. 41 patients with pulmonary arteries stenosis underwent ACG and 3D RA from April 2012 to January 2014. Patients age range was 10mth – 36 (8,4 ± 4,8) yrs. Comparison criteria between 3DRA and ACG was visualization quality, radiation dose contrast media injection and additional information.

Results. 3D RA imaging quality was superior to standard angiocardiography in peripheral PA stenosis and main PA bifurcations stenosis in 86,1 % and 77,8% cases respectively. Significant difference between 3D RA and ACG in left and right PA imaging was not been obtained. In 17,1 % of cases was obtained additional information using 3D RA. Significant reduction 2 of radiation dose using 3D RA was noted.

Conclusions. 3D RA in peripheral and main PA bifurcation imaging has higher imaging quality in comparison with standard angiocardiography. 3D RA provides important additional information about the area of interest, which is not visualized at the ACS study, as well as significantly reduce radiation dose.

Key words: rotational angiography; 3D modeling; pulmonary artery stenosis.

Citation: Annaly khirurgii. 2014; 6: 15–23. (In Russ.)

Введение

Стенотические поражения системы легочной артерии (ЛА) бывают врожденные и приобретенные (после хирургического вмешательства), изолированные и в сочетании с другими врожденными пороками сердца (ВПС). Существует ряд классификаций стенозов легочных артерий, но ни одна из них полностью не отражает характера патологии. Наиболее удачной, по нашему мнению, является классификация, предложенная R.H. Franch и B.V. Gay, выделяющая поражения проксимальной части ствола ЛА, бифуркации ствола ЛА, дистальных отделов легочных артерий и их комбинации [1]. Успешное лечение сужений ЛА в первую очередь зависит от максимально точной визуализации, а также изучения изменений гемодинамических характеристик.

Диагностика периферических стенозов легочных артерий (ПСЛА) не всегда бывает успешной

при использовании клинических и неинвазивных методов исследований. Больные с подозрением на ПСЛА подлежат обязательной АКГ во время катетеризации сердца. Селективная ангиокардиография является методом выбора при диагностике ПСЛА. Нередко требуются дополнительные аксиальные проекции для лучшей визуализации. Впервые аксиальные проекции для исследования ВПС были описаны и внедрены в клиническую практику L.M. Bargeron и соавт., которые позволили значительно улучшить ангиографическую диагностику ВПС [2]. В нашей стране впервые аксиальные проекции были внедрены в программу ангиокардиографического исследования пациентов с ВПС и патологией ЛА в НЦССХ им. А.Н. Бакулева. До сих пор АКГ-диагностика всех сегментов ЛА представляет определенные трудности, и даже после использования нескольких дополнительных проекций не всегда удается точно определить

локализацию, протяженность и степень сужения ЛА [3–9].

Данную проблему, с нашей точки зрения, может разрешить более широкое использование трехмерной ротационной ангиокардиографии (3D PA), особенно перед открытыми и эндоваскулярными вмешательствами на ЛА. В нашей стране публикации на эту тему отсутствуют, а в зарубежной литературе нет подробного освещения данной проблемы.

Задача данного исследования – оценить преимущества и недостатки 3D PA по сравнению с двухмерной АКГ и на основании трехмерных моделей выявить оптимальные ангиографические проекции для различных сегментов легочных артерий.

Материал и методы

С апреля 2012 по февраль 2014 г. были выполнены 44 3D PA при стенозах легочных артерий различных локализаций у 41 пациента в возрасте от 10 мес до 36 лет (в среднем $8,4 \pm 3,4$ года). Лиц мужского пола было 22 (53,7%), женского – 19 (46,3%). Масса тела пациентов – от 5,8 до 64 кг (в среднем 26,2 кг).

3D PA выполнялась 19 (46,5%) пациентам после радикальной коррекции сложных ВПС: 11 (27%) – после реконструкции путей оттока из правого желудочка по поводу тетрады Фалло и атрезии легочной артерии, 2 (5%) – после наложения двунаправленных кавопульмональных анастомозов по поводу сложных ВПС, 9 (21,5%) пациентам ранее операции не выполнялись (у 8 имелись изолированные периферические стенозы ЛА и у 1 – отхождение гипоплазированной левой ЛА от правой в сочетании с большим открытым артериальным протоком – ОАП).

В ходе диагностического исследования 19 (46%) больным выполнено 20 ротационных ангиографий, при эндоваскулярных вмешательствах с целью оптимальной визуализации легочных артерий и подбора наиболее удачной ангиографической проекции для проведения ТЛБАП и стентирования легочных артерий – 22 (54%) пациентам. Из числа всех эндоваскулярных операций в 17 (77%) случаях выполнены ТЛБАП 27 сегментов легочных артерий, в 5 случаях (23%) – стентирование 6 сегментов легочных артерий. При построении 3D-моделей нами оценивались локализация стенозов, их протяженность, степень и характер сужения легочных артерий.

Подготовка пациента для выполнения 3D PA аналогична таковой при стандартной АКГ. Исследование проводилось под постоянным неинвазивным мониторингом АД, ЭКГ, насыщения артериальной крови кислородом. В младшей возрастной группе обязательно осуществлялся подогрев пациентов при помощи специальных матрасов с циркулирующей водой. 3D PA выполнялась на специа-

лизированной АКГ-установке *GE Healthcare* модели *Innova 3100* с электронно-оптическим усилителем, телевизионными мониторами с частотой 15–30 кадров в секунду. Первый этап исследования включал подготовку пациента и оборудования к выполнению 3D PA. После укладки пациента на стол, подключения систем для мониторинга давления и записи ЭКГ на панели управления ангиографической установки выбирался протокол «легочные артерии». Детям процедура выполнялась под внутривенным наркозом, а взрослым – под местной анестезией.

Выполняли пункцию обеих общих бедренных вен с установкой интродьюсеров от 4 до 6Fr: через левую проводился электрод для временной электрокардиостимуляции (ЭКС) в полость правого желудочка (ПЖ), а через правый – диагностический катетер *pig tail*. У пациентов с ранее наложенным двунаправленным кавопульмональным анастомозом исследование выполнялось через яремный доступ и без ЭКС.

У 22 (50%) пациентов АКГ и 3D PA выполняли из правого желудочка, у 12 (27,3%) – из ствола легочной артерии, у 4 (9,1%) – селективно из левой легочной артерии, у 4 (9,1%) – из правой, у 2 (4,5%) пациентов после ДКПА – из верхней полой вены. Селективную 3D PA из ЛА выполняли у пациентов с изолированными периферическими стенозами ЛА.

ЭКС проводили для снижения артериального давления, так как при этом достигается тугое контрастирование ЛА, что объясняется уменьшением пульсового характера движения крови и преобладанием ламинарного кровотока, а также снижение амплитуды движений сердца и крупных сосудов.

До выполнения 3D PA выполняли пробную ЭКС с одномоментным измерением АД в ПЖ или стволе ЛА. Основным показателем удовлетворительной ЭКС нами считалось снижение артериального давления на 20–30% от исходного при отсутствии нарушений гемодинамики. Внутрисердечную ЭКС мы старались проводить у всех больных за исключением пациентов после ДКПА. Электрокардиостимуляцию также не проводили у пациентов при селективной 3D PA в каждой из ЛА.

Частота навязывания ритма при стимуляции напрямую зависела от изначальной частоты сердечных сокращений пациента. Так, у пациентов младшей возрастной группы с изначальной ЧСС 100–130 уд/мин ритм навязывался в пределах 170–200 уд/мин. В более старшей возрастной группе с изначальной ЧСС до 100 уд/мин частота ЭКС составляла 140–170 уд/мин.

Необходимым условием правильного выполнения 3D PA является установка сердечной тени в изоцентре мониторов в прямой и левой боковой проекциях с последующей тест-ротацией электронно-оптического преобразователя (ЭОП).

Время задержки флюорографии зависело от области введения контрастного вещества и было в пределах от 0,5 до 2 с: из ПЖ – 1,5–2,0 с, из ствола ЛА или ДКПА – 1,0–1,5 с, из ЛЛА и ПЛА – 0,5–1,0 с.

В качестве контрастного вещества использовались «Визипак-320» и «Омнипак-350» (NYCOMED, Норвегия), которые разводились физиологическим раствором. Объем и скорость введения контрастного вещества, а также пропорции его разведения с физиологическим раствором рассчитывались в зависимости от возраста и массы тела пациента. Для выполнения 3D PA у пациентов с массой тела более 15 кг объем контрастного вещества разводили физиологическим раствором из расчета 3:2, у пациентов с массой менее 15 кг – 1:1. Смесь контрастного вещества вводили со скоростью от 8 до 14 мл/с. В ходе исследования нами были выведены следующие формулы для разных весовых категорий пациентов:

– для пациентов до 15 кг включительно:

$$V = 2f + 2k / T_3 + 5;$$

– для пациентов свыше 15 кг:

$$V = f + 1,6k / T_3 + 5,$$

где V – скорость инфузии, мл/с; k – объем контрастного вещества, мл (всегда равен значению массы тела пациента, выраженному в кг); f – объем физиологического раствора, мл (всегда равен значению массы тела пациента, выраженному в кг); T_3 – время задержки флюорографии, с.

Далее данные отправлялись на рабочую станцию для последующей обработки и анализа. 3D-моделирование проводилось с использованием встроенного программного обеспечения *Innova Volume Viewer* с размером матрицы для реконструкции – 512×512 вокселей.

После загрузки данных на рабочую станцию задалось окно значений контрастности, в соответствии с которым в модели включались образования, имеющие значения контрастности выше или идентично заданным. Далее выбирался режим трехмерного моделирования – прозрачный, режим поверхности и т. п. При построении трехмерной модели в большинстве случаев позвоночник и ребра также попадают в трехмерную модель вместе с теми образованиями, которые плотно заполнены контрастом. По этой причине после выстраивания «сырой» модели выполнялась ручная коррекция и удаление лишних фрагментов, ненужных образований, а также зон с последующей подготовкой модели для дальнейшей работы. Изучение трехмерных моделей выполнялось обязательно с параллельным изучением ротационных ангиокардиограмм.

Для оценки качества визуализации мы сравнивали 3D PA со стандартной АКГ, которые проводились как в ходе одного исследования, так и в раз-

ное время у одного и того же пациента с известным диагнозом. Критериями сравнения двух методов визуализации являлись:

- качество визуализации ЛА;
- наличие дополнительной информации;
- время исследования;
- количество контрастного вещества;
- доза излучения;
- преимущества 3D PA при эндоваскулярных вмешательствах.

Качество визуализации АКГ и 3D PA оценивали по разработанной нами 5-балльной шкале количественной оценки, после чего результаты распределялись в одну из трех групп сравнения. К группе *A* относились пациенты, у которых качество визуализации 3D PA было выше, чем при стандартной АКГ. В группе *B* качество визуализации 3D PA было сопоставимо со стандартной АКГ. В группе *C* качество 3D PA уступало таковому при стандартной АКГ. Необходимо отметить, что ротационная ангиокардиография является одной из модальностей (и в то же время первым этапом) трехмерного моделирования, имеется необходимость оценки обеих модальностей при каждом исследовании. В случае, когда качество визуализации трехмерной модели уступало АКГ, нами дополнительно изучалась ротационная ангиокардиография пациента. Если качество визуализации ротационной ангиокардиографии было оценено выше, чем модели, то оценка ставилась в соответствии с новым результатом.

Данные исследования представлены в расчете на средние значения в группах 3D PA и АКГ и их стандартные отклонения. Достоверность в группах сравнения была выявлена с использованием t -критерия Стьюдента. Статистическая обработка полученного в ходе настоящего исследования материала выполнялась с использованием программного пакета *STATA ver. 10 (StataCorp LP, College Station, Texas)*.

Результаты

На полученных 44 трехмерных моделях выявлены 76 сужений ЛА различных локализаций, 31 (40,8%) из 76 сужений располагалось в основных ветвях ЛА, 9 – захватывали устья обеих ЛА и 36 – в долевых и сегментарных ветвях ЛА (см. таблицу).

При 3D PA для получения оптимальной визуализации сужений ЛА потребовалось в 39 (95%) слу-

Локализация и количество суженных сегментов легочных артерий

Локализация	n	%
Стеноз и гипоплазия основной ЛЛА	14	18,4
То же ПЛА	17	22,4
Бифуркационные стенозы устьев обеих ЛА	9	11,8
Стенозы долевых и сегментарных ветвей ЛА	36	47,4
Всего...	76	100,0

чаях одно введение смеси контрастного вещества. У 2 (5%) пациентов, подвергшихся стентированию легочной артерии, 3D PA выполняли до и после операции.

Для выявления стенозов ЛА при двухмерной АКГ в 32 (77,5%) случаях потребовалось выполнение ангиографии в 2 проекциях, в 6 (15%) – в 3 проекциях, в 2 (5%) случаях – в 4 и лишь в 1 (2,5%) случае – только одна проекция.

Качество визуализации 3D PA и стандартной АКГ было оценено в зависимости от локализации выявленных сужений ЛА. При сравнительном анализе качества визуализации 3D PA и стандартной АКГ было отмечено, что при исследовании основной ветви левой ЛА в 11 (78,6%) случаях 3D-модели были оценены в 5 баллов, в 2 (14,3%) случаях – в 4 балла и 1 (7,1%) модель – в 3 балла. На двухмерных ангиограммах тех же сужений основной ветви левой ЛА в 10 (71,4%) случаях ангиограммы были оценены в 5 баллов, в 4 (28,6%) – в 4 балла.

При исследовании основной ветви правой ЛА в 13 (76,5%) случаях трехмерные модели были оценены в 5 баллов, в 3 (17,6%) – в 4 балла и в 1 (5,9%) – в 3 балла; на двухмерных АКГ в 11 (64,7%) случаях – в 5 баллов, в 6 (35,3%) – в 4 балла.

При исследовании бифуркационных стенозов ствола ЛА качество всех 9 (100%) 3D-моделей оценено в 5 баллов, в то время как при стандартной АКГ только 2 (22,2%) ангиограммы были оценены в 5 баллов, остальные 7 (68,8%) – в 4 балла.

При исследовании стенозов долевых и сегментарных легочных артерий на 3D PA в 31 (86,1%) случае была оценка в 5 баллов, в 3 (8,3%) – в 4 балла, в 2 (5,6%) – в 3 балла (рис. 1). На двухмерных АКГ максимального балла за качество визуализации не было ни в одном случае, в 11 (30,6%) случаях оценка составила 4 балла, в 25 (69,4%) – 2–3 балла из-за наложений соседних артерий

и невозможности удовлетворительно визуализировать артерии.

При сравнении качества трехмерных моделей с двухмерными АКГ выявлено значительное преимущество 3D PA перед двухмерной АКГ при исследовании долевых и сегментарных отделов ЛА. Так, в 31 (86,1%) случае модели были отнесены к группе *A* и лишь в 5 случаях (13,9%) – к группе *B* и ни в одном из случаев к группе *C*, то есть уступала по качеству визуализации двумерным ангиограммам.

При исследовании области бифуркации ствола ЛА в группу *A* были отнесены 7 (77,8%) моделей, в группу *B* – 2 (22,2%). Также ни в одном из случаев трехмерные модели не уступали по качеству визуализации двумерным ангиограммам (рис. 2).

При исследовании основной ветви левой ЛА трехмерная модель относилась к группе *A* в 2 (14,3%) случаях, к группе *B* – в 10 (71,4%), к группе *C* – в 2 (14,3%) случаях. При исследовании правой ЛА к группе *A* относились 2 (11,8%) модели, к группе *B* – 13 (76,4%), к группе *C* – 2 (11,8%) модели. При визуализации основных ветвей ЛА трехмерное моделирование не показало преимуществ перед двухмерной АКГ.

Нами был проведен анализ некачественных 8 трехмерных моделей из группы *C*. Так как в исследуемую методику входят две модальности, то при неудачной трехмерной модели дополнительно оценивали качество визуализации ротационных ангиограмм ЛА. В 4 случаях, в которых качество моделей было оценено на 3 балла и они были отнесены к группе *C*, при дальнейшем анализе ротационной ангиокардиографии оценка была пересмотрена до 4 баллов, и пациент был отнесен к группе *B*.

В 2 моделях из 4 должного качества контрастирования ЛА не было получено из-за ошибочно выбранной задержки флюорографии, и, как следст-

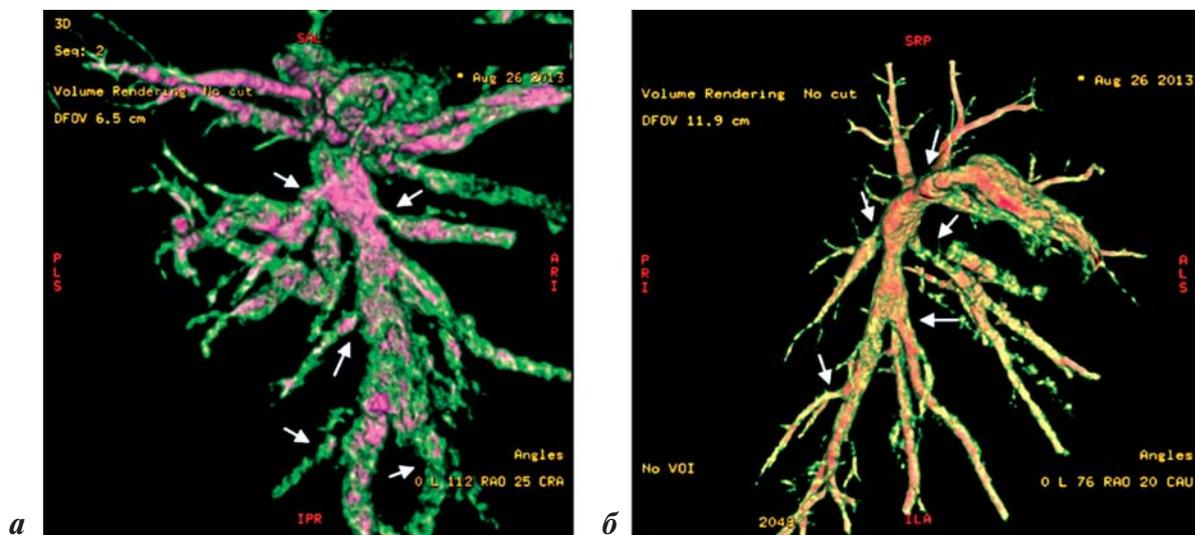


Рис 1. Трехмерные модели правой (*a*) и левой (*б*) легочных артерий. Множественные периферические стенозы ЛА (стрелки). 3D-модели дают возможность оценить расположение, количество и протяженность сужений в различных плоскостях

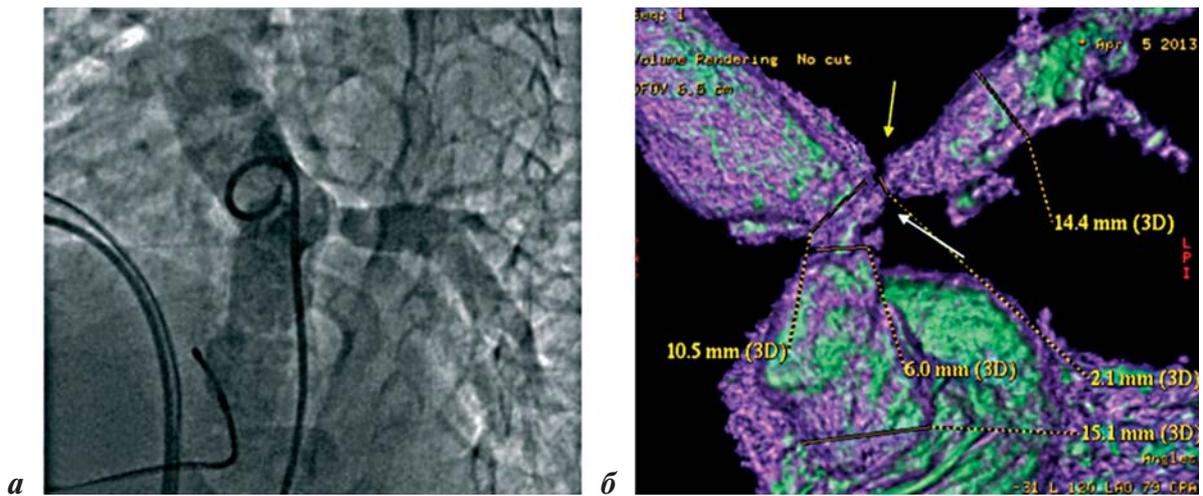


Рис. 2. Двухмерная ангиограмма (а) и трехмерная модель (б) легочных артерий пациента после радикальной коррекции атрезии легочной артерии 1 типа с дефектом межжелудочковой перегородки, стенозом левой легочной артерии. При 3D РА в отличие от АКГ выявляется более выраженный стеноз устья левой ЛА (желтая стрелка) и дистального отдела кондуита (белая стрелка)

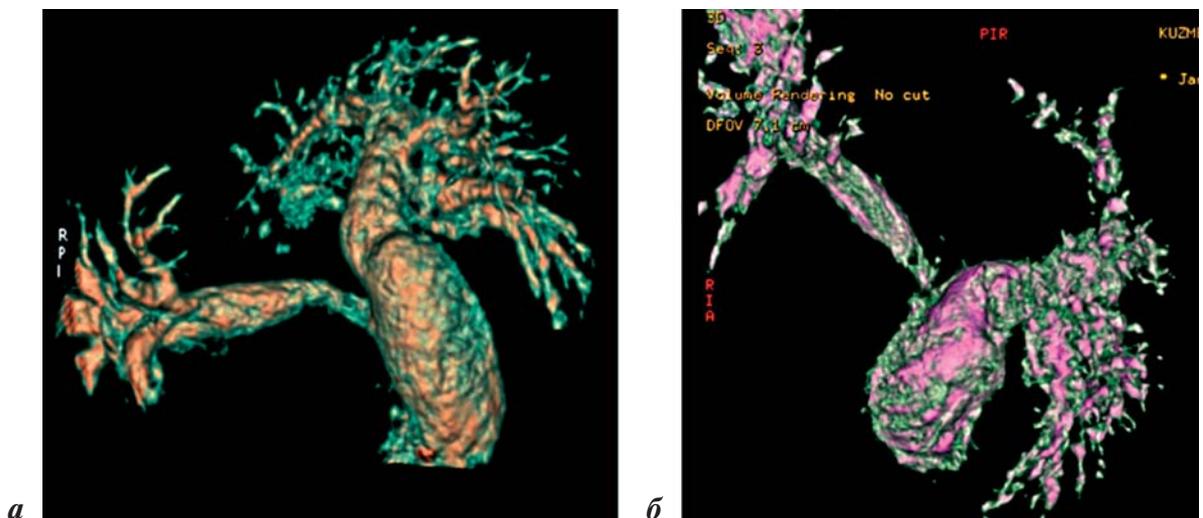


Рис. 3. Трехмерные модели ЛА, полученные при выполнении 3D РА с электрокардиостимуляцией (а) и без нее (б). Использование электрокардиостимуляции значительно увеличивает качество визуализации трехмерных моделей

вие, в начальной стадии ротации ЭОП система ЛА не была заполнена контрастом.

Еще в 2 случаях была допущена неточность в расчете объема и скорости введения контрастной смеси, что привело к отсутствию поступления контрастного вещества в легочное русло в конечной фазе ротации ЭОП.

В 2 случаях причинами неудач было то, что 3D РА выполнялась без ЭКС. В дальнейшем в одном из этих случаев при повторной 3D РА с ЭКС было показано отличное качество визуализации трехмерной модели (рис. 3). Еще в 2 случаях из-за большой степени разведения контрастного вещества не получилось должного уровня контрастности.

При построении трехмерных моделей резко выраженных стенозов ЛА в области сужения часто определяется «перерыв» модели сосуда. Этот факт

также диктует необходимость изучения параллельно как самой трехмерной модели, так и 3D РА. В нашем исследовании имели место 4 случая «перерыва» модели при исследовании основных ветвей ЛЛА и ПЛА.

Было отмечено, что наличие рентгеноконтрастных предметов (метки на некоторых катетерах типа *pig-tail*, искусственные металлосодержащие клапаны сердца, различные клипсы, электроды для ЭКС) приводит к появлению таких артефактов, как трехмерные «блики».

В ходе выполнения 3D РА в 7 (17,1%) случаях нами выявлена важная дополнительная информация, которая не была получена при АКГ, а именно: у 4 пациентов – периферические стенозы легочных артерий, которые не визуализировались при АКГ. У 1 пациента моделирование способствовало более полной оценке анатомии стеноза основной

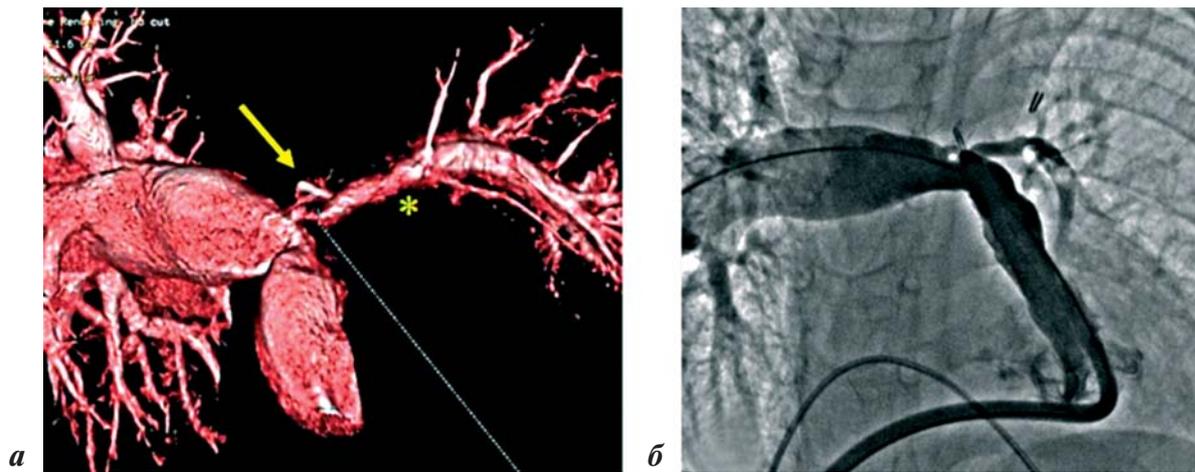


Рис. 4. 3D-модель (а) и АКГ (б) пациента с атрезией легочной артерии 1 типа после реконструкции пути оттока из правого желудочка и клипирования ОАП. Стеноз и гипоплазия левой легочной артерии (звездочка), стеноз устья правой легочной артерии. На трехмерной модели определяется ранее наложенная клипса на ОАП, сдавливающая устье ЛЛА (стрелка)

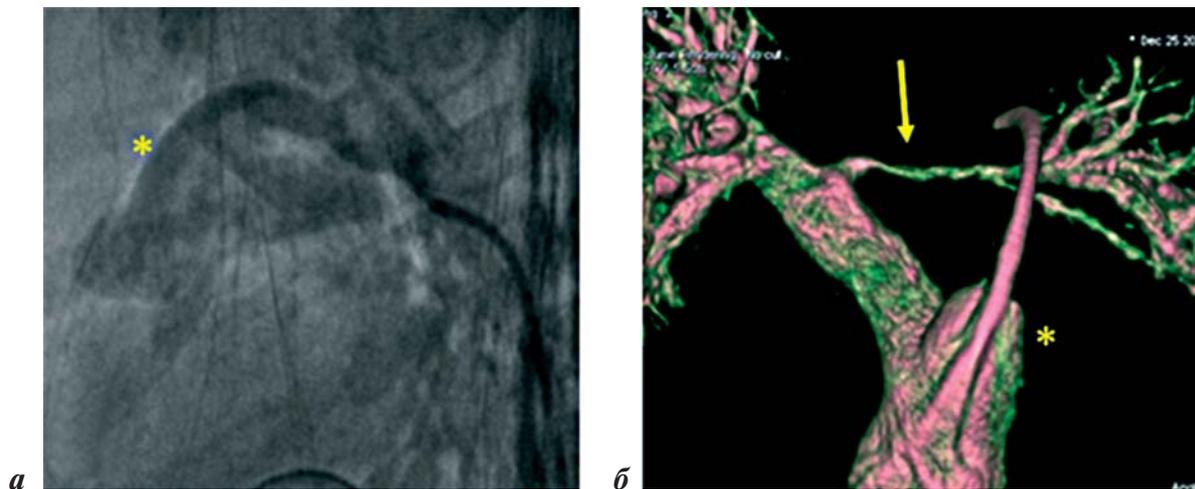


Рис. 5. Двухмерная боталлограмма (а) и 3D-модель легочных артерий (б) у пациента с отхождением левой (стрелка) легочной артерии от правой, большой открытый артериальный проток (звездочка)

ветви ПЛА. Это в конечном счете позволило выбрать правильную тактику и удачно осуществить стентирование правой легочной артерии. В одном случае на модели была четко визуализирована ранее наложенная клипса на открытый артериальный проток и ее воздействие на ЛЛА, приведшее к гипоплазии (рис. 4). В одном случае выявлено отхождение гипоплазированной ЛЛА от правой с наличием большого ОАП, который был далее закрыт окклюдером Amplatzer (рис. 5).

При оценке времени исследования и количества контрастного вещества у 3-мерного моделирования каких-либо преимуществ перед стандартной АКГ не выявлено. Время исследования при 3D PA колебалось от 7 до 23 мин (в среднем – $12,9 \pm 3,0$ мин), при АКГ – от 9 до 22 мин (в среднем – $16,1 \pm 3,0$ мин). При 3D PA было использовано от 30 до 60 мл (в среднем – $47,7 \pm 13,1$ мл) контрастного вещества, а при АКГ – от 24 до 80 мл (в среднем – $48,2 \pm 17,8$ мл). В среднем количество контрастного вещества в рас-

чете на единицу массы тела при АКГ составило 2,59, а при 3D PA – 2,9 мл/кг. При исследовании одного сегмента ЛА при АКГ потребовалось в среднем 2,5 введения контрастного вещества, в то время как при моделировании было достаточно одного.

При 3D PA доза излучения колебалась от 70 до 1320 сГр/см² (в среднем – $427,4 \pm 151,0$ сГр/см²), в то время как при АКГ – от 146 до 2554 сГр/см² (в среднем – $917,7 \pm 220,0$ сГр/см²). Таким образом, при 3D PA доза облучения снижается в 2 раза.

Использование 3D PA при эндоваскулярных операциях показало ряд значительных преимуществ. Во-первых, 3D PA дала возможность объективной оценки области сужения ЛА во всех плоскостях, во-вторых – возможность выбора наиболее оптимальной проекции для выполнения ТЛБАП и стентирования ЛА. После построения трехмерной модели и выбора нужной проекции имеющаяся функция на рабочей станции позволяет автомати-

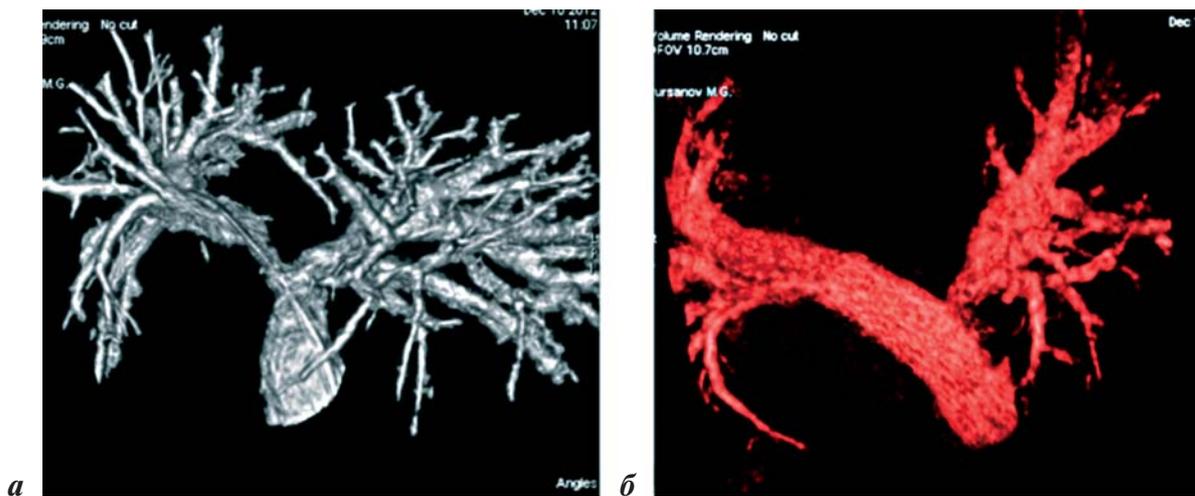


Рис. 6. Трехмерные модели легочных артерий до (а) и после (б) стентирования ПЛА

чески настроить электронно-оптический преобразователь в нужной проекции и далее выполнить операцию (рис. 6).

Для выявления анатомии ствола ЛА наиболее оптимальным является максимальная краниальная ангуляция (в среднем $39 \pm 7^\circ$) или каудальная ангуляция (в среднем $35 \pm 8^\circ$). Последняя также позволяет визуализировать область бифуркации. При исследовании бифуркации легочной артерии также оптимальной проекцией является RAO $34 \pm 10^\circ$ или LAO $29 \pm 9^\circ$, в зависимости от заинтересованности ЛЛА или ПЛА, с краниальной ангуляцией в среднем $40 \pm 5^\circ$. При исследовании левой легочной артерии чаще всего наиболее удачной проекцией является LAO $35 \pm 6^\circ$ с максимально возможной краниальной ангуляцией, при визуализации правой легочной артерии – RAO $31 \pm 8^\circ$, также с максимально возможной краниальной ангуляцией. Оценка долевых и сегментарных ветвей ЛА при помощи двухмерной АКГ требует полипроекционного эмпирического исследования, поэтому при подозрении на периферические стенозы ЛА необходимо, с нашей точки зрения, сразу прибегать к 3D PA.

Обсуждение

В проведенном исследовании 3D PA показала себя достаточно качественным инструментом визуализации ЛА. Мировой опыт использования 3D PA при диагностике и лечении ВПС мал, а имеющиеся исследования выполнены с участием небольшого числа пациентов с оценкой также легочных артерий. В ходе проведения данного исследования нами была отработана методика выполнения ротационной ангиокардиографии, подобраны настройки и параметры для 3-мерного моделирования, выведены формулы для расчетов скорости инфузии контрастной смеси, параметры пропорций контрастной смеси и ЭКС, подробных

описаний которых в доступной нам литературе не обнаружено.

Имеющиеся данные в зарубежной литературе указывают на положительный опыт использования 3D PA при диагностике и лечении ВПС, особенно при визуализации крупных сосудов. Так, А.С. Glatz и соавт. [10] и С. Karins и соавт. [11] сообщили об успешной и качественной визуализации ЛА в 71–84% случаев.

На качество визуализации трехмерных моделей положительное влияние оказывают ЭКС, а также точное соблюдение пропорции контрастной смеси в зависимости от возраста, правильный выбор задержки флюорографии и скорости введения контрастной смеси, а также выбор катетеров, не содержащих металлические компоненты. Нарушение одного из этапов подготовки и получения ротационных ангиокардиограмм приводит к снижению качества 3-мерных моделей и появлению артефактов.

Таким образом, 3D PA является более качественным методом визуализации ЛА по сравнению с АКГ при исследовании периферических стенозов ЛА, а также бифуркации ствола ЛА, так как способствует получению дополнительной информации в 17,1% случаев, которая не визуализируется при стандартной АКГ. Кроме того, при 3D PA доза рентгеновского излучения снижается в 2 раза.

При эндоваскулярных вмешательствах 3D PA имеет неоспоримые преимущества перед стандартной АКГ, так как однократного введения контрастного вещества достаточно для наиболее полного исследования характера и протяженности стеноза ЛА, а также выбора наиболее оптимальной проекции для выполнения ТЛБАП и стентирования легочных артерий.

Литература

1. Franch R.H., Gay B.B. Congenital stenosis of the pulmonary artery branches. *Am. J. Med.* 1963; 35:512–29.

2. Barger L.M., Ceballos R., Soto B. Angiographic anatomy of the normal heart through axial angiography. *Circulation*. 1981; 64: 351–9.
3. Пурсанов М.Г. Транслуминальная баллонная ангиопластика и стентирование при обструктивной патологии легочных артерий у больных с врожденными пороками сердца: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2002.
4. Алякян Б.Г., Петросян Ю.С., Гарибян В.А. Эндovasкулярная хирургия при лечении врожденных пороков сердца. *Анналы хирургии*. 1996; 3: 54–63.
5. Алякян Б.Г., Подзолков В.П., Пурсанов М.Г. Баллонная ангиопластика при обструктивной патологии легочных артерий. В кн.: Бокерия Л.А., Алякян Б.Г. (ред.). *Руководство по рентгеноэндovasкулярной хирургии сердца и сосудов*. В 3 т. Т. 2. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2008: 145–8.
6. Алякян Б.Г., Подзолков В.П., Соболев А.В., Пурсанов М.Г. Баллонная дилатация периферических стенозов легочных артерий. В кн.: Бокерия Л.А., Алякян Б.Г., Подзолков В.П. (ред.). *Эндovasкулярная и минимально инвазивная хирургия сердца и сосудов у детей*. М.; 1999: 105–24.
7. Коулсон Д., Алякян Б.Г., Алия А. Стентирование при лечении некоторых ВПС: пятилетний опыт двух центров. В кн.: Бокерия Л.А., Алякян Б.Г., Подзолков В.П. М. (ред.). *Эндovasкулярная и минимально инвазивная хирургия сердца и сосудов у детей*. М.; 1999: 165–89.
8. Алякян Б. Г., Пурсанов М. Г., Сандодзе Т. С. Стентирование при сужениях и гипоплазиях легочных артерий у больных с врожденными пороками сердца. *Детские болезни сердца и сосудов*. 2008; 4: 50–2.
9. Butera G., Carminati M., Pome G. Use of cutting-balloon angioplasty in a hybrid setting: a new application of the hybrid approach. *J. Inv. Cardiol*. 2008; 20: 327–8.
10. Glatz A.C., Zhu X., Gillespie M.J., Hanna B.D., Rome J.J. Use of angiographic CT imaging in the cardiac catheterization laboratory for congenital heart disease. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2010; 11: 1149–57.
11. Kapins C., Coutinho R., Barbosa F. Uso da Angiografia Rotacional 3D (3D-RA) em Portadores de Cardiopatias Congnitas: Experiencia de 53 Casos. *Rev. Bras. Cardiol. Inv*. 2010; 2: 199–203.

References

1. Franch R.H., Gay B.B. Congenital stenosis of the pulmonary artery branches. *Am. J. Med*. 1963; 35:512–29.
2. Barger L.M., Ceballos R., Soto B. Angiographic anatomy of the normal heart through axial angiography. *Circulation*. 1981; 64: 351–9.
3. Pursanov M.G. Transluminal balloon angioplasty and stenting in pulmonary arteries obstruction in patients with congenital heart diseases: diss. Moscow; 2002 (in Russian).
4. Alekyan B.G., Petrosyan Yu.S., Garibyan V.A. Endovascular surgery in congenital heart diseases. *Annaly khirurgii*. 1996; 3: 54–63 (in Russian).
5. Alekyan B.G., Podzolkov V.P., Pursanov M.G. Balloon angioplasty in obstructive pathology of pulmonary arteries. In: Bockeria L.A., Alekyan B.G. (eds). *Textbook of endovascular surgery for cardiovascular diseases*. Vol. 2. Moscow; 2006: 145–8 (in Russian).
6. Alekyan B.G., Podzolkov V.P., Sobolev A.V., Pursanov M.G. Balloon dilatation of peripheral pulmonary arteries stenosis. In: Bockeria L.A., B.G. Alekyan, V.P. Podzolkov (eds). *Endovascular and miniinvasive pediatric cardiovascular surgery*. Moscow; 1999: 105–24 (in Russian).
7. Coulson D., Alekyan B.G., Alia A. Stenting in several CHD treatment: 5-yr experience of two centers. In: Bockeria L.A., Alekyan B.G., Podzolkov V.P. (eds). *Endovascular and miniinvasive pediatric cardiovascular surgery*. Moscow; 1999: 165–89 (in Russian).
8. Alekyan B.G., Pursanov M.G., Sandodze T.S. Stenting in pulmonary arteries stenosis and hypoplasia in patients with CHD. *Detskie bolezni serdtsa i sosudov*. 2008; 4: 50–2 (in Russian).
9. Butera G., Carminati M., Pome G. Use of cutting-balloon angioplasty in a hybrid setting: a new application of the hybrid approach. *J. Inv. Cardiol*. 2008; 20: 327–8.
10. Glatz A.C., Zhu X., Gillespie M.J., Hanna B.D., Rome J.J. Use of angiographic CT imaging in the cardiac catheterization laboratory for congenital heart disease. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2010; 11: 1149–57.
11. Kapins C., Coutinho R., Barbosa F. Uso da Angiografia Rotacional 3D (3D-RA) em Portadores de Cardiopatias Congnitas: Experiencia de 53 Casos. *Rev. Bras. Cardiol. Inv*. 2010; 2: 199–203.

Поступила 01.07.2014

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 616.12-089.168-06:616.11-002

ИНФЕКЦИОННЫЙ ЭНДОКАРДИТ С ОБШИРНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ ТРИКУСПИДАЛЬНОГО КЛАПАНА: НОВЫЙ ПОДХОД К РЕКОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АУТО- И КСЕНОПЕРИКАРДА И НЕОХОРД

*Р.И. Амирагов**, *Р.М. Муратов*, *С.И. Бабенко*, *Г.А. Шамсиев*, *Д.В. Бритиков*, *Н.Н. Соболева*

ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия), 121552, Москва, Российская Федерация

При обширном инфекционном поражении створок и хордального аппарата трехстворчатого клапана (ТК) чаще выполняется протезирование клапана. Мы внедрили новый метод санации очага инфекции и восстановления функции клапана с помощью лоскутов из ауто- и ксеноперикарда и создания множественных неоход из ПТФЭ. Цель исследования – оценить непосредственные и среднеотдаленные результаты реконструкции ТК при использовании новой техники операции.

Материал и методы. В период с 2001 по 2012 г. 90 пациентам с инфекционным эндокардитом (ИЭ) ТК выполнены реконструктивные вмешательства (с активным ИЭ – 65 пациентам, с неактивным ИЭ ТК – 15). Средний возраст

*Амирагов Роман Иванович, мл. науч. сотр. отделения неотложной хирургии приобретенных пороков сердца; e-mail: roman.0410@hotmail.com 121552, Москва, Рублевское шоссе, 135.