Разработка клапансодержащего кондуита корня аорты, снабженного браншами для коронарных артерий

К.м.н. Е.В. РОССЕЙКИН, к.м.н. Т.И. ПАРАМОНОВА, к.м.н. В.В. БАЗЫЛЕВ, д.м.н. С.А. ВАЧЕВ

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава РФ, Пенза

Development of aortic root valved conduit containing jaws for coronary arteries

E.V. ROSSEYKIN, T.I. PARAMONOVA, V.V. BAZYLEV, S.A. VACHEV

FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery,» Health Ministry, Penza

Цель — разработка модификации клапансодержащего кондуита с браншами для коронарных артерий, предназначенной для снижения риска развития коронарогенных осложнений при выполнении операции Бенталла—Де Боно. С помощью мультиспиральной компьютерной томографии изучено пространственное расположение начальных сегментов коронарных артерий у 120 пациентов. На основании проведенного исследования разработана и внедрена в хирургическую практику модификация клапансодержащего кондуита с браншами для коронарных артерий, предназначенная для снижения риска развития коронарогенных осложнений при выполнении операции Бенталла—Де Боно. Посредством внесенных конструктивных изменений в строение клапансодержащего кондуита стало возможным выполнять операцию Бенталла—Де Боно без выделения коронарных артерий из окружающих тканей, а также формирование анастомоза конец в конец между коронарной артерией и браншей кондуита. Параметры, выбранные для расположения бранш коронарных артерий, позволяют производить имплантацию модифицированного кондуита любому пациенту, вне зависимости от анатомии аневризмы корня аорты.

Ключевые слова: аневризма аорты, корень аорты, операция Бенталла—Де Боно, клапансодержащий кондуит, коронарогенные осложнения.

To develop a valved conduit modification with jaws for coronary artery for reducing the risk of ischemic complications during Bental—De Bono operation. It was performed study of initial segments spatial position of the coronary arteries by using of multislice computed tomography in 120 patients. It was developed and introduced into surgical practice the modification of valved conduit with jaws for coronary arteries for reducing the risk of ischemic complications during Bentall—De Bono operation. Performing of Bentall—De Bono operation without isolation of the coronary arteries from the surrounding tissues is possible through structural modifications of valved conduit. Also formation of anastomosis between the coronary artery and conduit's branche is possible by using of «end-to-end» technique. Parameters selected for the location of coronary arteries branches lead to perform an implantation of conduit to any patient regardless of the anatomy of the aortic aneurysm.

Key words: aortic aneurysm, aortic root, Bentall—De Bono operation, valved conduit, ischemic complications.

Методика протезирования корня аорты клапансодержащим кондуитом была предложена Бенталлом и Де Боно в 1968 г. [4]. В настоящее время она признается «золотым стандартом» большинством хирургов во всем мире [1, 17].

При этом одним из недостатков оригинальной методики считается риск развития коронарогенных осложнений. Эти осложнения связывают с необходимостью выделения коронарных артерий (КА) из окружающих тканей и их перемещением по направлению к кондуиту. Другим осложнением, связанным с техникой реимплантации КА, является формирование ложных аневризм корня аорты, что связано, в том числе, с избыточным натяжением анастомозов между кондуитом и КА [1, 3, 8, 12, 14—16, 18, 20, 25, 26]. Различными авторами предлагались решения для устранения данных осложнений [5—11, 19, 21, 22, 24, 27, 30—32]. При этом до настоящего времени не существует ни одной методики, которая бы полностью нивелировала коронарогенные осложнения при выполнении операции Бенталла—Де Боно.

Цель исследования — разработать модификацию клапансодержащего кондуита с браншами для КА, предназначенного для снижения риска развития коронарогенных осложнений при выполнении операции Бенталла—Де Боно.

Материал и методы

Для достижения цели изучено пространственное расположение начальных сегментов КА. Все пациенты обследованы с применением метода мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в режиме ангиографии с 3D-моделированием корня и восходящего отделов аорты. Исследование выполняли на 64-срезовом спиральном компьютерном томографе Somatom Sensation («Siemens», Германия). Всем больным МСКТ-ангиография выполнялась в режиме синхронизации с электрокардиографией. Частота сердечных сокращений на момент обследования составила 64—86 уд/мин. Нарушения ритма сердца во время исследования не зафиксировано ни у одного из паци-

© Коллектив авторов, 2014

440071 Пенза, ул. Стасова, д. 6

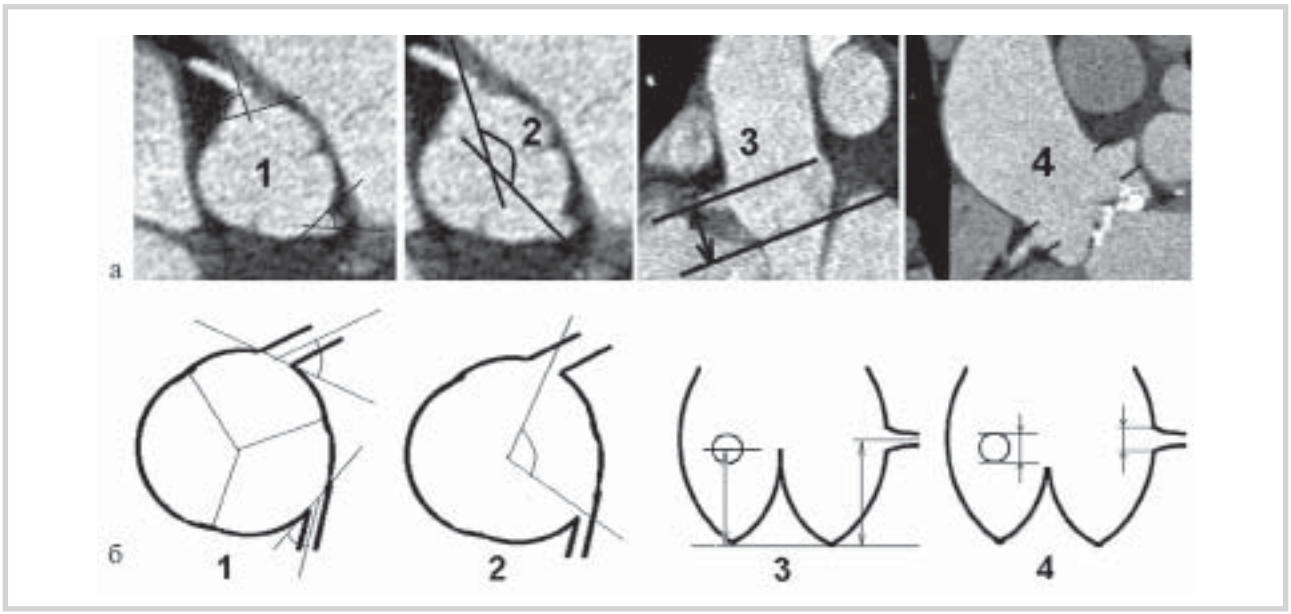


Рис. 1. **Изучаемые параметры корня аорты.**

а — снимки, полученные с помощью мультиспиральной компьютерной томографии; б — схемы. 1 — угол отхождения коронарных артерий (КА) от синусов Вальсальвы; 2 — угол расхождения коронарных артерий; 3 — расстояния от базального кольца до «центра» устьев КА; 4 — диаметр КА.

ентов. Обработка полученных данных выполнялась на рабочей станции Syngo MultiModality Workplace (Ver.VE31A).

Всего обследованы 120 пациентов, в том числе с аневризмой корня аорты (группа А) — 37 (30,8%) больных, без патологии корня аорты (группа N) — 83 (69,2%). В группу А включены пациенты, которым МСКТ-ангиография выполнялась в стационаре в качестве предоперационного обследования по поводу аневризмы аорты. В группу N включены пациенты, которым МСКТ-ангиография была выполнена в стационаре по иным, нежели аневризма корня аорты, причинам.

По результатам обследования каждая группа была разделена на подгруппы в зависимости от строения аортального клапана: пациенты с двустворчатым аортальным клапаном (подгруппа N2 — 12 больных и подгруппа А2 — 13) и пациенты с трехстворчатым аортальным клапаном (подгруппа N3 — 71 больной и подгруппа А3 — 24).

Диаметр корня аорты у пациентов без патологии аорты составил в среднем 38,2±2,3 мм, восходящего отдела аорты — 34,6±1,8 мм. Диаметр корня аорты у пациентов группы А составил 56,3+9,3 мм, восходящего отдела аорты — 67,7±13,6 мм.

Изучались следующие параметры:

1) угол отхождения КА от аорты **(рис. 1, 1)**;

2) угол расхождения КА друг относительно друга **(см. рис. 1, 2)**;

3) расстояние от базального кольца до «центра» устьев КА **(см. рис. 1, 3)**;

4) диаметр устьев коронарных артерий **(см. рис. 1, 4)**.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программ MS Excel 2007 и SPSS v. 21. Для выявления межгрупповых различий использован критерий Стьюдента *(t)*. Критическим значением считали α=0,05.

Результаты

При сопоставлении изучаемых параметров выявлено, что статистически значимых различий по всем параметрам в подгруппах N2 и N3 нет **(табл. 1)**. Однако углы расхождения КА друг относительно друга находятся в широком диапазоне.

При всем многообразии внешнего вида и размеров аневризм существенных различий по всем изучаемым параметрам у больных с двустворчатым строением аортального клапана (А2) и больных с трехстворчатым строением аортального клапана (А3) не выявлено **(табл. 2)**. Однако при сопоставлении углов расхождения КА в этих же подгруппах установлено статистически значимое различие (p=0,023).

Все выявленные нами закономерности были учтены при создании модификации клапансодержащего кондуита корня аорты с браншами для КА для выполнения операции Бенталла—Де Боно **(рис. 2)**. Стандартный кондуит, состоящий из протеза аортального клапана и фиксированного к нему протеза восходящего отдела аорты, был дополнен двумя браншами для КА. Бранши для КА имплантируются в кондуит в фабричных условиях.

Разработанная модификация клапансодержащего кондуита имеет следующие характеристики:

— диаметр протезов для КА 1,0 см;

— протезы для КА имеют гофрированную структуру;

— угол отхождения протеза для правой коронарной артерии (ПКА) 90°;

— угол отхождения протеза для левой коронарной артерии (ЛКА) 45°;

— угол расхождения КА 180°;

— расстояние от манжеты протеза аортального клапана до центра протеза ПКА 1,4 см;

***Таблица 1*. Результаты изучения вариабельности пространственного расположения устьев коронарных артерий (КА) среди пациентов, не имеющих патологии корня и восходящего отдела аорты (группа N)**

Показатель	Подгруппа N2	Подгруппа N3	*p*
Угол ПКА — аорта, °	91,3±31,7	91,7±27,6	0,9639
Угол ЛКА — аорта, °	46,0±19,0	45,3±20,4	0,9119
Угол расхождения КА, °:			
среднее значение	142,0±27,8	138,2±27,8	0,6626
min—max	107—179	80—178	
Расстояние от базального кольца до ПКА, см	1,4±0,5	1,4±0,4	1,0
Расстояние от базального кольца до ЛКА, см	1,3±0,4	1,3±0,3	1,0
Диаметр ПКА, см	0,9±0,3	1,0±0,3	0,2887
Диаметр ЛКА, см	1,0±0,2	0,9±0,3	0,2700

Примечание. Здесь и в табл. 2: ЛКА — левая коронарная артерия; ПКА — правая коронарная артерия.

***Таблица 2*. Результаты изучения вариабельности пространственного расположения устьев коронарных артерий (КА) у пациентов с аневризматически измененными корнем и восходящим отделом аорты**

Показатель	Подгруппа A2	Подгруппа A3	*p*
Угол ПКА — аорта, °	74,0±35,1	81,4±15,8	0,3810
Угол ЛКА — аорта, °	51,5±25,0	48,6±12,8	0,6417
Угол расхождения КА, °:			
среднее значение	108,6±12,2	135,0±27,2	0,0023
min—max	90—127	63—178	
Расстояние от базального кольца до ПКА, см	1,2±0,3	1,4±0,3	0,0610
Расстояние от базального кольца до ЛКА, см	1,3±0,3	1,2±0,3	0,3397
Диаметр ПКА, см	1,1±0,2	1,0±0,3	0,2894
Диаметр ЛКА, см	1,0±0,2	0,9±0,2	0,1554

— расстояние от манжеты протеза аортального клапана до центра протеза ЛКА 1,3 см.

Бранша для ЛКА отходит от кондуита по направлению часовой стрелки. Плоскость расположения бранш для КА параллельна плоскости расположения протеза аортального клапана **(см. рис. 3)**.

Бранши для КА расположены напротив друг друга, т.е. угол их расхождения равен 180°. Данное положение мы обосновываем тем, что в серии проведенных наблюдений среди всех пациентов диапазон расхождения КА составил 63—179°.

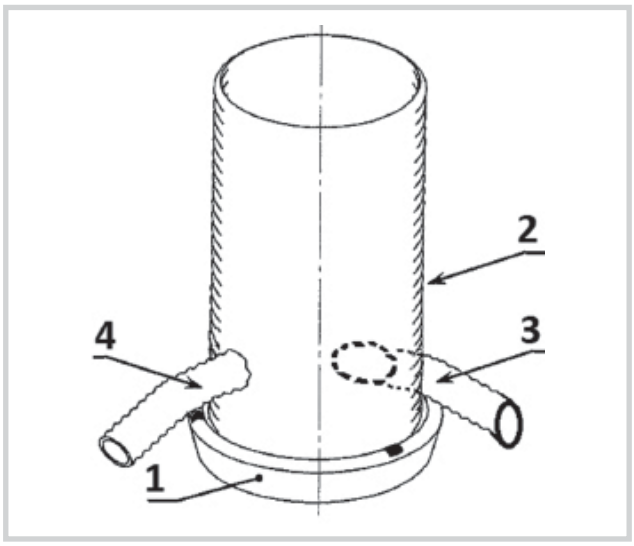


***Рис. 2*. Схема модифицированного кондуита, общий вид.**

1 — протез аортального клапана; 2 — протез восходящего отдела аорты; 3 — бранша для левой коронарной артерии; 4 — бранша для правой коронарной артерии.

В зависимости от анатомии корня аорты у каждого конкретного пациента длина обеих бранш моделируется хирургом интраоперационно после имплантации кондуита в позицию аортального клапана.

Бранши КА прикреплены к кондуиту под определенными углами. Для ПКА этот угол составляет 90°, для ЛКА — 45° **(см. рис. 3)**.

При выборе углов отхождения бранш для КА от кондуита мы ориентировались на преимущественное направление начальных сегментов КА **(см. табл. 1, 2)**.

Диаметр бранш для КА равен 1,0 см. Мы выбрали протезы данного диаметра, опираясь на данные, полученные при изучении анатомии корня аорты, — вне зависимости от анатомии диаметр устья КА в среднем равен 1 см **(см. табл. 1, 2)**.

На созданную нами содержащую бранши для КА модификацию клапансодержащего кондуита получен патент РФ №2474403 [2]. С 2011 г. налажено серийное фабричное производство клапансодержащего кондуита.

Данная модификация клапансодержащего кондуита применена у 37 пациентов при выполнении операции Бенталла—Де Боно **(см. рис. 4)**. Коронарогенных осложнений у прооперированных больных не было.

Обсуждение

Протезирование корня аорты с применением клапансодержащего кондуита остается общепризнанным стандартным отработанным вмешательством [13, 28, 29].

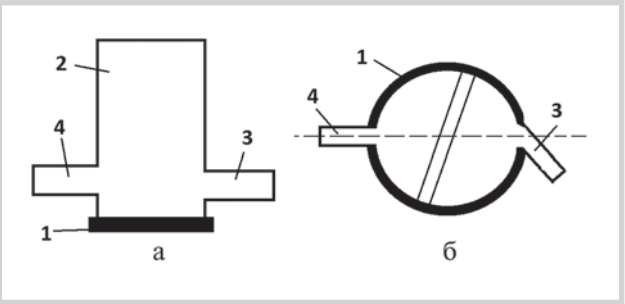


***Рис. 3*. Схема пространственного расположения бранш для коронарных артерий в клапансодержашем кондуите.**

а — вид сбоку; б — вид сверху. 1 — протез аортального клапана; 2 — протез восходящего отдела аорты; 3 — бранша для левой коронарной артерии; 4 — бранша для правой коронарной артерии.

Тем не менее данная техника имеет ряд недостатков, к которым в том числе относят коронарогенные осложнения. Развитие коронарогенных осложнений связано с необходимостью выделения КА из окружающих тканей, их перемещения к кондуиту [8, 12, 14—16, 18, 20, 23, 25, 26].

Во время анализа базы периодической медицинской литературы PubMed за период 1964—2013 г. нами обнаружено множество модификаций операции Бенталла—Де Боно [5—11, 19, 21, 22, 24, 27, 30—32].

Обилие работ с описанием методик, направленных на предотвращение коронарогенных осложнений операции протезирования корня аорты клапансодержащим кондуитом, указывает на отсутствие универсального решения и на несовершенство каждой из предлагаемых методик.

Опираясь на проведенный анализ литературы, мы предположили, что для предотвращения развития коронарогенных осложнений реимплантация КА должна быть выполнимой без дополнительного выделения их из окружающих тканей.

В большинстве случаев сохранение КА *in situ* при их реимплантации не представляется возможным без их «удлинения» с помощью протезов либо биологического материала. Первым подобную операцию предложил выполнять C. Cabrol в 1981 г. [7]. Однако операция Каброля имеет недостатки и также множество модификаций [3].

Все предлагаемые модификации операции Каброля предполагают первоочередное формирование анастомоза между протезом КА и ее устьем и лишь затем имплантацию протеза КА в клапансодержащий кондуит [3]. Именно в этом, с нашей точки зрения, заложена основная проблема коронарогенных осложнений, поскольку при выполнении данного этапа операции могут произойти перекрут КА и излишнее ее натяжение.

Предлагаемая нами модификация клапансодержащего кондуита включает бранши для КА. Имплантация бранш в кондуит производится на этапе его фабричного изготовления.

Технология реимплантации КА в предназначенные для них бранши модифицированного кондуита предполагает создание анастомоза конец в конец после имплантации клапансодержащего кондуита в позицию аортального клапана.

Длина бранш для КА моделируется *in situ* в широком диапазоне в зависимости от индивидуальных особенностей анатомии аневризмы корня аорты у каждого конкретного пациента.

В отличие от других вариантов операции Каброля [3] в предлагаемом нами кондуите для протезирования корня

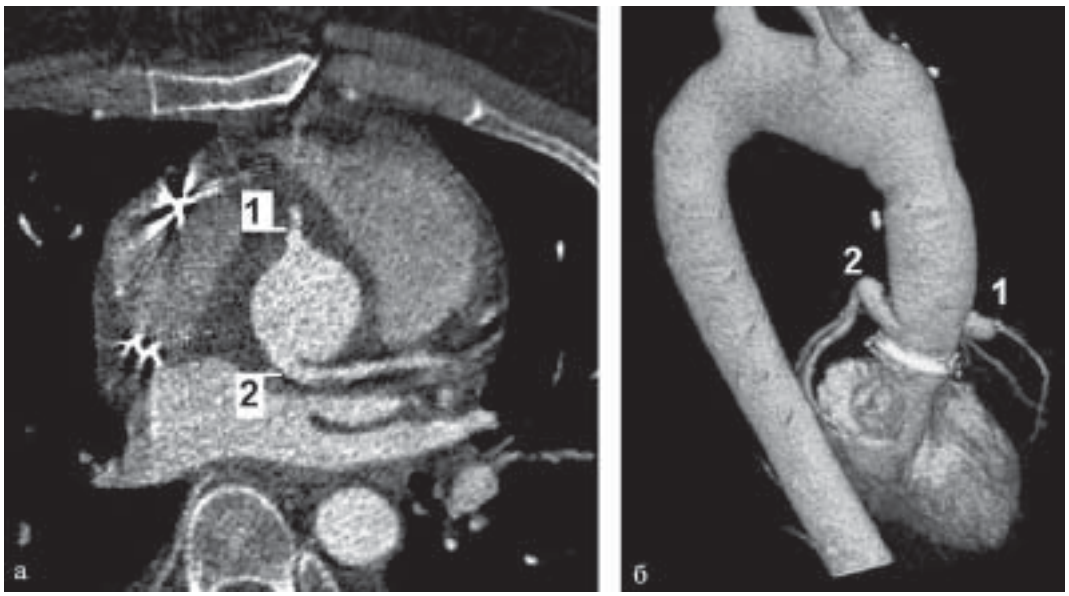


***Рис. 4*. Мультиспиральная компьютерная томография корня аорты после операции Бенталла—Де Боно, выполненной с применением модифицированного кондуита.**

а — двухмерный режим; б — 3D-реконструкция. 1 — правая коронарная артерия; 2 — левая коронарная артерия.

аорты длина остающейся бранши минимальна и служит только для соединения устья КА с кондуитом.

Анатомически бранша для левой КА располагается в поперечном синусе и не может быть смещена либо сдавлена структурами сердца и средостения. Следовательно, вероятность развития дефицита коронарного кровотока стремится к нулю вне зависимости от оставленной длины бранши.

Кроме возможности сохранения КА *in situ,* преимущество наличия бранш для КА заключается в возможности формирования анастомоза конец в конец с устьем КА.

Заключение

Посредством внесенных конструктивных изменений в строение клапансодержащиего кондуита стали возможными выполнение операции Бенталла—Де Боно без выделения КА из окружающих тканей, а также формирование анастомоза конец в конец между КА и браншей кондуита. Параметры, выбранные для расположения бранш КА, позволяют производить имплантацию модифицированного кондуита любому пациенту вне зависимости от анатомии аневризмы корня аорты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Константинов Б.А., Белов Ю.В., Кузнечевский Ф.В.* Аневризмы восходящего отдела и дуги аорты. М 2006.
2. *Россейкин Е.В., Базылев В.В., Евдокимов А.С. и др.* Клапансодержащий протез корня аорты. Патент № RU2474403C1. Бюллетень «Изобретения. Полезные модели» 2013; 4. RU2474403C1.
3. *Kourliouros A., Soni M., Rasoli S. et al.* Evolution and current applications of the Cabrol procedure and it's modifications. Ann Thorac Surg 2011; 91: 1636—1641.
4. *Bentall H., De Bono A.* A technique for complete replacement of the ascending aorta. Thorax 1968; 23: 338—339.
5. *Blanco G., Adam A., Carlo V.* A controlled surgical approach to annuloaortic ectasia. Ann Surg 1976; 183: 174—178.
6. *Bortolotti U.* Preventing bleeding from the proximal anastomosis After the Bentall procedure. Ann Thorac Surg 2010; 90: 698.
7. *Cabrol C., Pavie A., Gandjbakhch I. et al.* Complete replacement of the ascending aorta with reimplantation of the coronary arteries: new surgical approach. J Thorac Cardiovasc Surg 1981; 81: 309—315.
8. *Cevat Y.* A new modified Bentall procedure: the flanged technique. Ann Thorac Surg 2001; 71: 2050—2052.
9. *Chen L.W., Dai X.F., Wu X.J.* A modified composite valve dacron graft for prevention of postoperative bleeding from the proximal anastomosis after Bentall procedure. Ann Thorac Surg 2009; 88: 1705—1707.
10. *Copeland J.G., Rosado L.J., Snyder S.L.* New technique for improving hemostasis in aortic root replacement with composite graft. Ann Thorac Surg 1993; 55: 1027—1029.
11. *Della Corte A., Baldascino F., La Marca F. et al.* Hemostatic modifications of the Bentall procedure: imbricated proximal suture and fibrin sealant reduce postoperative morbidity and mortality rates. Tex Heart Inst J 2012; 39: 2: 206—210.
12. *Dossche K.M., de la Riviere A.B., Morshuis W.J. et al.* Treatment of impaired coronary blood flow after aortic root replacement with human tissue valves. J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 117: 1034—1035.
13. *Dougenis D., Daily B.B., Kouchoukos N.T.* Reoperations on the aortic root and ascending aorta. Ann Thorac Surg 1997; 64: 986—992.
14. *Erkut B., Ceviz M., Becit N. et al.* Pseudoaneurysm of the left coronary ostial anastomoses as a complication of the modified Bentall procedure diagnosed by echocardiography and multislice computed tomography. Heart Surg Forum 2007; 10: 191—192.
15. *Etz C.D., Bischoff M.S., Bodian C. et al.* Bentall procedure: Is it the gold standard? A series of 597 consecutive cases. J Thorac Cardiovasc Surg 2010; 140: S64—S70.
16. *Hagl C., Strauch J.T., Spielvogel D. et al.* Is the Bentall procedure for ascending aorta or aortic valve replacement the best approach for long-term event-free survival? Ann Thorac Surg 2010; 76: 698—703.
17. *Verbakel K.M.J., van Straten A.H.M., Soliman Hamad M.A. et al.* Results of one-hundred and seventy patients after elective Bentall operation. Asian Cardiovasc Thorac Ann 2012; 20: 418—425.
18. *Kirsch E.W., Radu N.C., Mekontso-Dessap A. et al.* Aortic root replacement after previous surgical intervention on the aortic valve, aortic root, or ascending aorta. J Thorac Cardiovasc Surg 2006; 131: 601—608.
19. *Kouchoukos N.T., Marshall Jr. W.G., Wedige-Stecher T.A.* Eleven year experience with composite graft replacement of the ascending aorta and aortic valve. J Thorac Cardiovasc Surg 1986; 92: 691—705.
20. *Kouchoukos N.T., Wareing T.H., Murphy S.F. et al.* Sixteen-yearexperience with aortic root replacement. Results of 172 operations. Ann Surg 1991; 214:308—318.
21. *Kouchoukos N.T., Blackstone E.H., Doty D.B. et al.* Kirklin/Barratt-Boyes Cardiac Surgery: Aortic Valve Disease. 3rd ed. Philadelphia. Vol 1. Churchill Livingstone 2003.
22. *Maureira P., Vanhuyse F., Martin C. et al.* Modified Bentall procedure using two short grafts for coronary reimplantation: long-term results. Ann Thorac Surg 2012; 93: 2: 443—449.
23. *Michielon G., Salvador L., Da Col U. et al.* Modified button-Bentall operation for aortic root replacement: the miniskirt technique. Ann Thorac Surg 2001; 72: 3: S1059—S1064.
24. *Mills N.L., Morgenstern D.A., Gaudiani V.A. et al.* «Legs» technique for management of widely separated coronary arteries during ascending aortic repair. Ann Thorac Surg 1996; 61: 869—874.
25. *Nakahira A., Shibata T., Sasaki Y. et al.* Outcome after the modified Bentall technique with a long interposed graft to the left coronary artery. Ann Thorac Surg 2009; 87: 109—115.
26. *Pacini D., Ranocchi F., Angeli E. et al.* Aortic root replacement with composite valve graft. Ann Thorac Surg 2003; 76: 90—98.
27. *Piehler J.M., Pluth J.R.* Replacement of the ascending aorta and aortic valve with a composite graft in patients with nondisplaced coronary ostia. Ann Thorac Surg 1982; 33: 406—409.
28. *Sioris T., David T., Ivanov J. et al.* Clinical outcomes after separate and composite replacement of the aortic valve and ascending aorta. J Thorac Cardiovasc Surg 2004; 128: 2: 260—265.
29. *Stalder M., Staffelbach S., Immer F.F. et al.* Aortic root replacement does not affect outcome and quality of life. Ann Thorac Surg 2007; 84: 775—781.
30. *Svensson L.G., Crawford E.S., Hess K.R. et al.* Composite valve graft replacement of the proximal aorta: comparison of techniques in 348 patients. Ann Thorac Surg 1992; 54: 427—437.
31. *Vitale N., Owens W.A., Hamilton J.R. et al.* Early results with carbo-seal composite valve conduit for aortic root replacement. J Heart Valve Dis 1999; 8: 80—84.
32. *Westaby S., Parry A., Pillai R.* Aortic root replacement: modifications of technique with improvements in technology. Eur J Cardiothorac Surg 1992; 6, Suppl 1: S44—S48.

Поступила 10.02.14