

А.А. Лукьянов, Ю.Н. Горбатов, А.Ю. Омельченко,
Ю.Л. Наберухин, А.А. Иванов, А.В. Горбатов, В.Н. Матюшов

Процедура Росса в хирургической коррекции врожденного порока аортального клапана у детей: выбор трансплантата

ФГБУ «ННИИПК
им. акад. Е.Н. Мешалкина»
Минздрава России,
630055, Новосибирск,
ул. Речкуновская, 15,
journal@meshalkin.ru

УДК 616.126-053.2-089.844
БАК 14.01.26

Поступила в редакцию
10 апреля 2013 г.

© А.А. Лукьянов,
Ю.Н. Горбатов,
А.Ю. Омельченко,
Ю.Л. Наберухин,
А.А. Иванов,
А.В. Горбатов,
В.Н. Матюшов, 2013

Процедура Росса считается рядом авторов оптимальным вариантом при замене аортального клапана у детей раннего возраста и подростков. В работе представлены основные и новые хирургические критерии при выборе графтов у пациентов педиатрической группы, которым была выполнена операция Росса. Рассмотрены преимущества и недостатки различных типов графтов в аортальной и легочной позиции. Отражены тенденции последующего роста аутографта пропорционально соматическому росту пациента. Ключевые слова: операция Росса; педиатрическая группа; выбор графта.

Врожденные аномалии клапана аорты составляют от 5,5 до 8,0% всех врожденных пороков сердца [1–5]. Операцией выбора при выраженном аортальном пороке является протезирование пораженного клапана механическим или биологическим протезами. Этот вариант лечения улучшает состояние и продлевает жизнь больным с аортальным пороком [1, 10, 18]. Следует отметить, что госпитальная летальность при протезировании аортального клапана (АК) колеблется от 1 до 15%, составляя в среднем 7% [3–5]. Неудовлетворенность результатами хирургической коррекции пороков АК определяет дальнейшее направление развития кардиохирургических технологий.

Оперативные вмешательства на АК часто выполняют пациентам педиатрической группы, применяя при этом несколько видов техник по восстановлению клапана. Специалисты единогласны в том, что при выборе метода восстановления аортального клапана у детей следует учитывать продолжающийся рост ребенка и необходимость избавления его от антикоагулянтной терапии [4, 5]. Альтернативой клапаносохраняющим операциям выступает протезирование пораженного клапана механическими или биологическими протезами. Современные механические протезы отличаются большой надежностью, но пациенты обречены на пожизненный прием антикоагулянтов.

При процедуре Росса используют легочный аутографт, который обеспечивает удовлет-

ворительные показатели гемодинамики и способен к росту. После операции пациентам не требуется применение антикоагулянтов [20, 22]. Однако до настоящего времени обсуждается роль этой процедуры восстановления клапана у детей: является ли операция Росса лечебной или выжидательной мерой. Обсуждается целесообразность применения механических протезов. Несмотря на незначительную величину коэффициента структурной деградации клапана, у используемых протезов есть существенные ограничения по возрасту, обусловленные их размерами. Вследствие роста у таких пациентов со временем выявляется несоответствие размеров протезированного клапана диаметру фиброзного кольца, а это, в свою очередь, ведет к репротезированию.

Механические клапаны требуют пожизненного приема антикоагулянтов, ограничений в физической нагрузке, из-за них могут возникать сложности с беременностью в будущем. Кроме того необходимо учитывать пожизненный риск тромбоэмболии и осложнений, связанных с кровотечением из-за потенциального несоблюдения режима приема антикоагулянтных средств [17]. Использование гомографтов и биопротезов клапана у детей также имеет ряд недостатков. Несмотря на то что биологические клапаны не требуют приема антикоагулянтов, их размеры с возрастом не увеличиваются, поэтому длительность применения в педиатрической группе ограничена высо-

ким риском быстрой структурной дегенерации клапанов и их ранней кальцификацией. Более того, у специалистов не всегда имеются в наличии нужные размеры гомографтов и биопротезов при выполнении вмешательств [7, 13].

В связи с вышеизложенным необходимым представляется проведение дальнейших комплексных исследований по оценке отдаленных результатов операции Росса, в частности зависимости исходов от применения различных трансплантатов, что позволит оптимизировать хирургические подходы в лечении патологии АК у пациентов педиатрической группы. Цель исследования – анализ литературных данных о возможностях применения трансплантатов различных видов при выполнении процедуры Росса для коррекции пороков аортального клапана в педиатрической группе.

Особенности процедуры Росса

Операция аутотрансплантации клапана легочной артерии в позицию АК значительно изменила взгляды хирургов на возможности лечения пороков данной группы. С 1998 г. операция Росса активно внедрялась в кардиохирургическую практику российских специалистов с учетом мирового опыта выполнения этой процедуры [6, 9, 14]. Несмотря на ряд недостатков, эта технология в настоящее время наиболее популярна при выполнении замены АК у новорожденных и детей раннего возраста. Имеются сообщения об успешном применении процедуры Росса и у детей среднего и старшего возрастов [7, 8].

Этот вариант вмешательства характеризуется следующими преимуществами: обеспечением удовлетворительных показателей гемодинамики путем снижения левожелудочковой постнагрузки и/или преднагрузки (конечного диастолического давления) до нормальных значений; возможностью избежать несоответствия размеров протеза в связи с ростом ребенка и фактически пожизненной длительностью использования – избавлением от потребности в повторной операции из-за структурных изменений трансплантата; отсутствием потребности в приеме антикоагулянтов; отсутствием риска развития эмболических осложнений в отдаленном периоде; устойчивостью протеза к развитию инфекции и эндокардита; простотой выполнения имплантации [10, 11].

С конца 1990-х гг. использование легочного аутографта стало альтернативой применению механических и биологических протезов клапанов при лечении пороков аортального клапана, количество выполняемых в мире процедур Росса с 1987 г. увеличилось более чем в 30 раз [4–6]. Операция стала широко применяться специалистами, и, как следствие, расширились показания к ее осуществлению. Мировой опыт показывает, что условиями клинической эффективности при выполнении операции Росса являются: прецизионный забор аутографта и сохранение первой септальной ветви левой коронарной артерии; корректная имплантация аутографта с соблюдением размерного соответствия диаметров легочного аутографта

и фиброзного кольца аорты; профилактика перегибов и деформаций зоны имплантации коронарных артерий в аутографт; исключение повреждения и деформации левой коронарной артерии при имплантации клапаносодержащего кондуита в выводной тракт правого желудочка [13].

Повторные хирургические вмешательства в связи с дисфункцией легочного аутографта выполняются в 1,9–9,4% случаев [28], для эксплантации гомографта – в 1,5% случаев [15]. По данным всемирного регистра процедуры Росса, к настоящему времени 81% аутографтов имплантирован с использованием техники полного замещения корня (full root replacement technique), в 11% случаев была использована субкоронарная методика, или техника free hand, а в 6% случаев – методика цилиндра [12].

Анализ результатов процедуры Росса – Конно был выполнен в серии работ J. Hörer и его коллег. Так, в своем недавнем сообщении авторы оценивали состояние 16 детей, в том числе пятерых новорожденных. Средний возраст на момент операции составил 4,2 мес. (от 6 до 333 дней). Было установлено, что 12 пациентам из этой группы (75%) требовалось выполнение сопутствующих операций, в частности на митральном клапане (4), резекция эндокарда (6), закрытие дефекта межжелудочковой перегородки (4) и реконструкция дуги аорты (3). Отмечен один случай летального исхода. Средний период наблюдения составил 6,2 года, актуарная пятилетняя выживаемость 93,3% (ДИ 61,2–99,0). В послеоперационном периоде двоим пациентам потребовалось проведение экстракорпоральной мембранной оксигенации и в одном случае заменен митральный клапан. Средняя продолжительность пребывания в стационаре составила 30 дней (от 11 до 77 дней) [29].

В течение 5 лет наблюдения у 7 пациентов не было отмечено аортальной регургитации и у 9 пациентов (56%) выявлен небольшой уровень АР без градиента в LVOT. Свобода от митральной регургитации (МР) или замены митрального клапана составила 70%; при этом МР была обусловлена структурными изменениями клапана. Свобода от повторных вмешательств составила 81 и 53% в течение 1 и 5 лет наблюдения. Более половины (60%) пациентов не принимали лекарственных средств, у всех пациентов был отмечен синусовый ритм. Авторы сделали заключение об обнадеживающих функциональных результатах операции и минимальном риске [29]. Аналогичные данные приводят и другие исследователи [23, 26].

Усовершенствование техники выполнения операции, включая метод полной замены корня, а также использование манипуляций, направленных на снижение потенциальной возможности расширения аутографта, способствовали существенному улучшению результатов выполнения процедуры Росса. Анализ данных литературы показал, что важнейшим фактором, определившим отдаленные результаты такого вмешательства, стал адекватный подбор трансплантата.

Сравнительная оценка морфофункциональных характеристик трансплантатов, используемых при процедуре Росса

Считается, что дисфункции аутографта, которые могут потребовать замены трансплантата в раннем послеоперационном периоде или повторной операции в течение 6 мес., являются редкими в центрах, имеющих опыт выполнения такой операции. Частота подобных осложнений, по данным международного реестра процедуры Росса, составляет менее 1% всех случаев [4, 5, 17]. Эти данные свидетельствуют о том, что доля аутографтов с удовлетворительными характеристиками за периоды 10 и 25 лет составляет 89 и 82%. Длительность работы клапана превосходит длительность работы аллогraftов или биопротезов, поскольку последние подвергаются кальцификации и требуют замены, особенно у пациентов раннего возраста. Кроме того, отсутствие связанных с пересадкой клапана осложнений, таких как эндокардит, паннусные напластования, тромбоз, составляет одно из преимуществ процедуры Росса. Реимплантация клапана по этим причинам выполняется значительно реже, чем при протезировании аортального клапана механическими протезом. Так, в исследовании N. Alphonso и его сотрудников (2004), в котором сообщается о результатах наблюдения 60 пациентов в течение 11 лет, не было отмечено летальных исходов, в течение срока наблюдения с медианой 59 мес. (2–122 мес.) было выполнено 4 реоперации (6,6%) вследствие несостоятельности аллогraftа и двоим (3,3%) взрослым пациентам заменен аллогraft [11].

Исследователи обращают внимание на расширение неоаортального корня вследствие выполнения процедуры Росса, при которой, в свою очередь, наблюдается прогрессирование аортальной регургитации, более выраженной при геометрическом несоответствии аортального и легочного корней. Причиной этого также может быть двустворчатый аортальный клапан с умеренной/выраженной регургитацией. Эти параметры изучены у разных групп пациентов для определения наиболее значимых факторов риска послеоперационного расширения аутографта и усиления возвратной регургитации на клапане [24].

Причиной дисфункции или декомпенсации графта являются обычно недостатки техники выполнения процедуры, например деформации створок клапана и/или повреждения створок клапана во время забора аутографта или его имплантации в аортальную позицию [25].

Полагают, что легочный аутоотрансплантат представляет наиболее долгосрочный вариант замены аортального клапана [27]. Данные международного реестра процедуры Росса свидетельствуют о 2,5% случаев декомпенсации аутографта с его заменой в течение 1 года после операции. Актуарная выживаемость графта составляет 48% в течение 19 лет [34].

По мнению Ю.С. Синельникова (2004), при решении вопроса о типе кондуита для реконструкции выводного

тракта следует отдать предпочтение криосохраненным легочным аллогraftам. Эпоксидобработанные ксенографты служат альтернативой криосохраненным легочным аллогraftам в случаях недоступности последних. Допустимо безопасное применение ксенографтов заведомо большего диаметра (до 40% от расчетного диаметра легочной артерии) у детей с минимальным риском компрессии кондуита грудиной, незначительным градиентом на клапане и минимальной регургитацией.

Результаты исследования, проведенного в группе пациентов – детей младшей и старшей возрастных групп, которым выполнялась эхокардиография после процедуры Росса, свидетельствуют о том, что прогрессивное расширение корня неоаорты не пропорционально соматическому росту пациентов [19]. Наряду с этим выявлена прямая связь между усилением аортальной недостаточности и наличием в анамнезе коррекции дефектов межжелудочковой перегородки или предшествующей процедуре Росса операции по замене аортального клапана.

Сообщается об успешном применении модификаций методов имплантации клапана, в частности калибровки диаметра аортального кольца и/или синотубулярного соединения аорты с армированием корня полоской тефлона, имплантации аутографта в дакроновый графт или обертывании аутографта перикардом, обработанным глутаровым альдегидом. Показано, что эти усовершенствования предотвращают расширение аутоотрансплантата [20, 25]. Безусловно, необходимо проведение дальнейших исследований эффективности такого рода модификаций процедуры Росса.

Установлено, что в ходе процедуры Росса предпочтительно применение гомографтов. По сравнению с синтетическими графтами они обладают следующими преимуществами [9, 14, 21, 29–32]:

1. Оптимальные гемодинамические показатели (низкие трансклапанные градиенты, не зависящие от частоты сердечного ритма и соответствующие естественным).
2. Естественное функционирование соединительнотканых структур, окружающих гомографт, и мышечной ткани (отсутствует давление на прилежащие анатомические структуры).
3. Отсутствие необходимости приема антикоагулянтов, что, в свою очередь, способствует сохранению детородной функции у женщин, снижению риска кровотечений и тромбоэмболий, возможности выполнения процедуры у пациентов с нарушенной функцией печени и системы гемостаза.
4. Повышенная резистентность к инфекции (использование у пациентов с бактериальным эндокардитом, инфекционными осложнениями).
5. Возможность использования у детей, включая новорожденных.

6. Возможность имплантации клапана большего размера, чем диаметр фиброзного кольца у реципиента (важно для маленьких детей в случае, когда имплантация механического протеза невозможна).

7. Возможность заселения гомографта фибробластами реципиента и регенерации соединительнотканых компонентов матрикса гомографта в организме реципиента, обеспечивающих последующий рост гомографта, что особенно важно при использовании у детей раннего возраста.

К недостаткам этого вида гомографтов относятся: ограниченная доступность (материалом для изготовления служат тканевые компоненты, полученные после смерти человека); ограниченный срок хранения; сложные технологические условия производства и хранения; дегенеративные изменения после имплантации, ограничивающие срок функционирования; более высокая, чем у искусственных трансплантатов и ксенографтов, цена в связи с уникальностью характеристик каждого изделия [1, 2].

Для легочного гомографта, имплантированного во время процедуры Росса, характерна большая функциональная длительность клапана по сравнению с различными методиками реконструкции выводного отдела правого желудочка у детей с ВПС (предположительно из-за ортотопического расположения нормальных, недеформированных легочных артерий и легочного сосудистого сопротивления). Тем не менее данные последних лет указывают на то, что замена гомографта необходима, как правило, на протяжении жизни пациента. Факторы, способствующие развитию дисфункции гомографта, включают: использование аортального гомографта, его маленький размер, возраст реципиента менее 10 лет, время хранения гомографта, несоответствие групп крови, развитие иммуноопосредованных реакций [17, 18].

В случаях, когда требуется реимплантация гомографта, т. е. замена одного гомографта на другой, отмечены благоприятные результаты оперативного вмешательства с минимальной летальностью, что подтверждает процедуру Росса как один из наиболее приемлемых вариантов замены АК у детей младшей и старшей возрастных групп. Так, в исследовании J. Hörer и его коллег (2010) показано, что летальность в этой группе составила 2,6% в течение 6,1 года наблюдения, 5- и 10-летняя выживаемость – 93,9 и 90,4%. Семи пациентам потребовалось повторное вмешательство (6 – эксплантация и 1 – реконструкция). Свобода аутоотрансплантата от повторного вмешательства в течение 5 и 10 лет составила 99,3 и 95,5% [31].

По мнению авторов, применение легочного аутоотрансплантата – оптимальный вариант для детей, нуждающихся в замене АК. Тем не менее неизбежным представляется выполнение повторных операций, которые необходимы, в частности, в связи с увеличением в дальнейшем размеров кольца и усилением неоаортальной недостаточности. Оценивая предикторы выполнения повторного вмешательства у больных педиатрической

группы, исследователи проанализировали результаты обследования 152 детей, не достигших 16-летнего возраста на момент выполнения операции Росса. В качестве факторов риска повторного вмешательства отмечены предшествующий эндокардит ($p = 0,061$), аортальная регургитация ($p = 0,061$) и большая длительность наблюдения за пациентом ($p = 0,036$). Семнадцати пациентам потребовалось 26 повторных вмешательств (в 16 случаях – замена трансплантата, в 10 случаях – чрескожная вальвулопластика). Свобода от повторного вмешательства на сроках 5 и 10 лет составила 89,3 и 79,6%. Имплантация аллотрансплантата аорты ($p = 0,013$) и меньшие размеры кондуита ($p = 0,074$) также названы факторами риска повторного вмешательства. Авторы делают заключение о том, что повторные вмешательства на аутографте выполняются относительно редко в течение первого десятилетия после операции. Однако частота этих вмешательств может увеличиться в последующие годы, сроки наблюдения пациентов достоверно увеличивают повторные вмешательства ($p = 0,036$) [31].

Оценивая увеличение диаметра корня аутоотрансплантата и степень его влияния на аортальную регургитацию, J. Hörer с сотрудниками (2009) установили, что у детей, которым была выполнена процедура Росса, размеры неоаортального корня больше, чем у здоровых детей. При этом показано, что увеличение размеров кольца соответствует соматическому росту обследуемых детей. В то же время увеличение диаметров синуса и синотубулярного соединения было значимо выше степени соматического роста, что, возможно, и объясняет развитие АР [30].

Также проводились исследования по сравнению результатов процедуры Росса и замены клапана механическим протезом [33]. Продemonстрировано улучшение показателей ранней и отдаленной летальности у детей после выполнения операции Росса. Наилучшие показатели выживаемости отмечены у детей младшей возрастной группы, которым была выполнена процедура Росса, в то время как результаты имплантации механического клапана у этих детей оказались неудовлетворительными. Кроме практически нулевой ранней летальности следует отметить и стабильность показателей выживаемости младшей группы детей в течение многих лет, напротив, у детей, которым были имплантированы механические клапаны, этот показатель снижен из-за внезапной смерти и тромбоэмболических осложнений.

Как показывает анализ литературных данных, процедура Росса предъявляет более высокие требования к технике выполнения, чем обычная замена клапана. Эта операция имеет целый ряд преимуществ: обеспечение нормализации гемодинамического потока, предоставление потенциала роста для аутографта пропорционально росту ребенка, благоприятные отдаленные результаты, в частности продолжительность жизни и минимальный уровень эмболических осложнений. Повторные операции на выводном отделе правого желудочка по замене гомо-

графта выполняются редко и сопровождаются низким оперативным риском. Таким образом, несомненные преимущества процедуры Росса, несмотря на ряд ограничений, делают ее приоритетным видом вмешательства при замене аортального клапана у детей. Однако окончательного признания этого вида вмешательства пока не произошло, и продолжают дискуссии о его особенностях.

Дальнейшей оценки требуют факторы риска летального исхода и развития осложнений при выполнении операции Росса, необходимо выявление предикторов развития осложнений во время выполнения вмешательства и в ближайшем послеоперационном периоде. Продолжаются исследования влияния исходных анатомических характеристик аортального порока на развитие недостаточности «неоаорты». Предпринимаются попытки выявления маркеров снижения прочностных свойств магистральных артерий кроме известного клинического признака – аневризмы восходящей аорты. Результаты этих исследований, безусловно, будут способствовать оптимизации отбора пациентов и тактики лечения и послеоперационного ведения больных, которым выполняли операцию Росса [35].

Список литературы

1. Бокерия Л.А., Муратов Р.М., Аль-Хаджабед Х.Ф. и др. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2005. № 3. С. 11–15.
2. Бокерия Л.А., Муратов Р.М., Шатахян М.П. и др. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2009. № 1.
3. Дземешкевич С.Л., Стивенсон Л.У., Алекси-Месхишвили В.В. Болезни аортального клапана. М., 2004.
4. Караськов А.М., Горбатов Ю.Н., Ленёв Е.В. и др. // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2004. № 3. С. 26–28.
5. Караськов А.М., Горбатов Ю.Н., Синельников Ю.С. Аутоотрансплантация клапана легочной артерии (операция Росса) в хирургическом лечении пороков аортального клапана. Новосибирск, 2005.
6. Караськов А.М., Чернявский А.М., Порханов В.А. и др. Реконструктивная хирургия корня аорты. Новосибирск, 2006.
7. Муратов Р.М., Хаммуд Ф.А., Костава В.Т. и др. // Бюл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН «Сердечно-сосудистые заболевания». 2010. Т. 11. № 3. С. 20.
8. Муратов Р.М., Хаммуд Ф.А., Бритиков Д.В. и др. // Бюл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН «Сердечно-сосудистые заболевания». 2010. Т. 11. № 6. С. 39.
9. Синельников Ю.С. Аутоотрансплантация клапана легочной артерии (операция Росса) в хирургическом лечении пороков аортального клапана: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 2004.
10. Хаммуд Ф.А., Муратов Р.М., Бритиков Д.В. и др. // Бюл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН «Сердечно-сосудистые заболевания». 2009. Т. 10. № 6. С. 29.
11. Alexiou C., McDonald A., Langley S.M. et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2000. V. 17 (2). P. 125–133.
12. Alphonso N. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2004. V. 25. P. 925–930.
13. Alsoufi B., Al-Halees Z., Manlhiot C. et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2010. V. 38 (4). P. 431–438.
14. Azadani A.N., Chitsaz S., Matthews P.B. et al. // J. Heart Valve Dis. 2012. V. 21 (4). P. 527–534.
15. Bechtchel J.F.M., Bartels C., Schmidtke C. et al. // Circulation. 2001. V. 104 (Suppl. I). P. 25–28.
16. Bleiziffer S., Ruge H., Hörer J. et al. // JACC Cardiovasc. Interv. 2010. V. 3 (5). P. 524–530.
17. Charitos E.I., Takkenberg J.J., Hanke T. et al. // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2012. V. 144 (4). P. 813–821.
18. Da Costa F., Haggi H., Pinton R. et al. // J. Card. Surg. 1998. V. 13 (3). P. 177–185.
19. David T.E. // Circulation. 2010. V. 122 (12). P. 1139–1140.
20. Drury N.E., Veldtman G.R., Benson L.N. // Expert. Rev. Cardiovasc. Ther. 2005. V. 3 (5). P. 831–843.
21. Elder R.W., Quaegebeur J.M., Bacha E.A. et al. // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2012. Oct. 11.
22. Elkins R.C. // Ann. Thorac. Surg. 1999. V. 68. P. 14–18.
23. Erez E., Tam V.K., Doublin N.A., Stakes J. // J. Heart Valve Dis. 2006. V. 15 (1). P. 92–96.
24. Ganthier S.C. // Ann. Thorac. Surg. 2003. V. 76. P. 689–693.
25. Goda M., Gewillig M., Eyskens B. et al. // Cardiol. Young. 2012. Oct. 31.
26. Goldberg S.P., McCanta A.C., Campbell D.N. et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2009. V. 35 (4). P. 589–593.
27. Gonzalez-Calle A., Adsuar-Gomez A., Hosseinpour A.R. // Ann. Thorac. Surg. 2012. V. 93 (5). P. 1704–1706.
28. Hazekamp M.G., Grotenhuis H.B., Schoofa P.H. et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2005. V. 27. P. 975–979.
29. Hörer J., Stierle U., Bogers A.J. et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2010. V. 37 (5). P. 1008–1014.
30. Hörer J., Hanke T., Stierle U. et al. // Ann. Thorac. Surg. 2009. V. 88 (2). P. 594–600.
31. Hörer J., Bening C., Vogt M. et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2010. V. 37 (5). P. 991–995.
32. Hörer J., Schreiber C., Krane S. et al. // Thorac. Cardiovasc. Surg. 2008. V. 56 (7). P. 391–397.
33. Pasquali S.K., Cohen M.S., Shera D. et al. // J. Am. Coll. Cardiol. 2007. V. 49 (17). P. 1806–1812.
34. Stulak J.M., Burkhart H.M., Sundt T.M. et al. // Circulation. 2010. V. 122 (12). P. 1153–1158.
35. Караськов А.М., Опен А.Б., Демидов Д.П., Железнев С.И., Демин И.И., Астапов Д.А. // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2011. № 3. С. 71–73.