

## Предикторы летальности у взрослых пациентов при операции Росса: обзор литературы и результаты 760 операций

© Караськов А.М., Богачев-Прокофьев А.В., Ленко Е.В., Демин И.И.

ФГБУ «Сибирский федеральный биомедицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина», Министерство здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

Поступила в редакцию 22 декабря 2016 г. Принята к печати 14 марта 2017 г.

Для корреспонденции: Ленко Евгений Владимирович, lenko@meshalkin.ru

<b>Цель</b>	Целью когортного исследования (2002–2015 гг.), проведенного в одном центре, было выявление предикторов летальности при операции Росса: госпитальной (до 30 дней) и поздней.
<b>Методы</b>	Статистический анализ 760 пациентов в возрасте от 16 до 73 лет, перенесших операцию Росса. Применили методы описательной статистики и анализ выживаемости по методу Каплана – Майера; выполнены Хи-квадрат тесты и регрессионный анализ рисков Кокса с целью выявления факторов, связанных с наступлением летального исхода.
<b>Результаты</b>	За 2002–2015 гг. госпитальная летальность составляла от 0 до 5 случаев в год (95% ДИ 0–3); в среднем $5,6 \pm 1,6\%$ (95% ДИ 4–7%). Средняя по когорте выживаемость после операции Росса в течение 5 и 10 лет составила 98% (поздняя летальность 2%). Выявлены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) предикторы госпитальной летальности: тип хирургического осложнения, экстренное коронарное шунтирование, класс по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (NYHA). Статистически значимых ( $p < 0,05$ ) предикторов поздней летальности в ходе анализа не обнаружили.
<b>Выводы</b>	Целесообразно в руководстве по операции Росса обобщить алгоритмы действий при следующих типах хирургических осложнений: кровотечениях из ложа аутографта на правом желудочке (1) или каждого из шести анастомозов (2); повреждении или деформации коронарных артерий (3) и невозможности отойти от искусственного кровообращения.
<b>Ключевые слова</b>	операция Росса; госпитальная летальность; поздняя летальность

**Как цитировать:** Караськов А.М., Богачев-Прокофьев А.В., Ленко Е.В., Демин И.И. Предикторы летальности у взрослых пациентов при операции Росса: обзор литературы и результаты 760 операций. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2017;21(1):73-80. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-1-73-80>

### Введение

Проблема операции Росса и выбор оптимальной тактики коррекции аортального порока остаются актуальной темой: процедура Росса при лечении аортального порока является весьма достойным выбором, поскольку на протяжении 10 лет после операции низка частота значимых осложнений [1]. Другой, не менее достойной альтернативой для устранения аортальной недостаточности является протезирование аортального клапана: имплантация протезов клапанов сердца у молодых пациентов отлично зарекомендовала себя на протяжении 14 лет после операции [2]. Операция Росса обеспечивает положительные непосредственные результаты

и долгосрочное выживание пациентов. Тем не менее процедуру Росса считают сложной операцией, поскольку только в условиях специализированного центра, имеющего большой опыт проведения и постоянно выполняющего эту операцию, госпитальная летальность может быть сопоставимой с таковой при стандартном протезировании аортального клапана [3, 4].

Исследователи называют две причины осторожного отношения к операции Росса: неизбежность во втором десятилетии после вмешательства поздних дисфункций сразу двух клапанов и ограниченная способность для рутинной практики освоить технически сложную процедуру. Первую из них считают неустранимой, неизбежной, она не



**Таблица 1** Основные характеристики пациентов, включенных в исследование, после операции Росса (n = 760)

Показатель	Среднее ± стандартное отклонение	Min – Max
Возраст, лет	46,6±13,5	16,0–73,0
Рост, см	169,9±11,1	96,0–205,0
Масса тела, кг	76,0±15,2	39,0–137,0
Площадь поверхности тела, м <sup>2</sup>	1,9±0,9	1,0–3,8
Сердечно-легочный коэффициент, %	54,0±7,9	40,0–70,0
Продолжительность пережатия аорты, мин	145,8±36,5	73,0–465,0
Продолжительность искусственного кровообращения, мин	204,9±74,0	101–989,0
Температура тела во время искусственного кровообращения, °C	33,4±1,8	20,1–36,1
Нахождение в палате интенсивной терапии, дни	3,6±3,2	1,0–31,0
Пиковый градиент на аутографте при выписке, мм рт. ст.	6,9±4,3	1,3–39,0
Пиковый градиент на кондуите при выписке, мм рт. ст.	12,5±6,5	2,4–49,5

связана с хирургией [5], имеет большее значение для пациентов молодого возраста. Для практикующих хирургов актуально определена следующая рекомендация: операцию Росса пациенту молодого возраста может выполнять только опытный хирург и только при противопоказанном или нежелательном приеме антикоагулянтов [6]. Вторая причина осторожного отношения к операции Росса связана с хирургической практикой непосредственно, носит характер фатального осложнения, определяющего риск периоперационной смерти, и в связи с этим выявление ее предикторов имеет практическое значение.

Цель данной публикации — представление результатов анализа 760 операций Росса, выполненных в СФБМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина, акцент сделан на результатах анализа функции выживаемости до наступления важнейшего клинического исхода — летальности: госпитальной и поздней.

## Методы

### Пациенты

С мая 2002 г. по май 2015 г. в СФБМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина операцию Росса выполнили 760 пациентам, использовали технологию полной замены корня аорты (n = 760). Показанием в пользу операции Росса, а не протезирования аортального клапана было отсутствие имплантированных ранее протезов клапанов сердца. В анализ включили 760 пациентов (569 мужчин, 191 женщина, средний возраст (среднее ± стандартное отклонение) 46,6±13,5 года; диапазон: 16–73 года), основные характеристики пациентов и операционного периода приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Наиболее распространенной этиологией аортального порока у пациентов были бicuspidальный клапан (n = 265; 34,9%) и ревматизм (n = 213; 28,1%); у 72 больных имелось

поражение митрального клапана, у 41 — трикуспидально-го. У 128 больных (16,8%) был активный инфекционный эндокардит, у 2 — атеросклероз с кальцинозом восходящей аорты. У 17 больных была дисплазия соединительной ткани, из них у двух пациентов выявлен миксоматоз аортального клапана. Из 760 пациентов 14 (1,8%), 271 (35,7%), 453 (59,6%) и 22 (2,9%) соотнесены с I, II, III, IV классами по классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов (NYHA) соответственно. 583 (76,7%) пациентов имели синусовый ритм, у 31 (4%) была мерцательная аритмия (фибрилляция предсердий), у 2 — явления атриовентрикулярной блокады (полная блокада). До момента операции Росса 14 (1,8%) пациентов перенесли одно или более предыдущих вмешательств на аортальном клапане.

### Оперативная техника

Операцию Росса у пациентов выполняли с применением искусственного кровообращения в условиях умеренной гипотермии (33–34 °C). Защиту миокарда осуществляли антеградной кардиоopleгией (табл. 2). Среднее время окклюзии аорты 145,8±36,5 мин (от 73 до 465 мин); среднее общее время искусственного кровообращения 204,9±74 мин (от 101 до 989 мин). Аутоотрансплантат легочной артерии имплантировали с использованием техники полной замены корня аорты [7]. До имплантации аутоотрансплантат выделяли с оставлением проксимальнее 2-3 мм мышечной манжеты. Сопутствующие процедуры выполнены в 171 случае (табл. 2).

### Клиническая оценка и последующее наблюдение

Все экспертные клинические оценки сделаны в СФБМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина; характеристики гос-

питального этапа указаны в табл. 3. За всеми пациентами после операции осуществляли наблюдение, в том числе после выписки из стационара диспансерное кардиолога по месту жительства. Последующее клиническое наблюдение в клинике было через 1, 6 и 12 мес. после операции Росса и затем ежегодно. Специалисты СФБМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина проводили плановые консультации с оценкой данных рутинного обследования (электрокардиография, ультразвуковое исследование). Завершили клинические наблюдения в мае 2015 г. Пациентам с имплантированным гомографтом и без фибрилляции предсердий назначали только антиагреганты, остальным — антикоагулянтную терапию минимум на 3 мес. Госпитальную летальность фиксировали как смерть, произошедшую в стационаре в течение первых 30 дней после операции Росса. Смерть после этого срока фиксировали как позднюю.

#### Статистический анализ

В исследование включили 760 случаев. Анализ выживаемости выполняли с применением регрессионных моделей пропорциональных интенсивностей Кокса, результаты представлены как отношения рисков. Функцию выживаемости рассчитывали с использованием метода Каплана – Майера. Период риска возникновения события определили в днях от госпитализации для каждого пациента. Каждый период между включением в исследование и наступлением события либо прекращением исследования представлял отдельное наблюдение.

## Результаты

#### Госпитальная летальность

Госпитальная летальность составляла от 0 до 5 случаев в год (95% ДИ 0–3). В среднем за 2002–2015 гг. госпитальная летальность —  $5,6 \pm 1,6\%$  (95% ДИ 4–7%). В годы с минимальной летальностью среди оперированных не было пациентов с инфекционным эндокардитом. С 2013 г. отмечается отчетливая тенденция уменьшения госпитальной летальности до нулевой.

В табл. 4 приведены полученные в ходе регрессионного анализа результатов параметры регрессионной модели ( $p = 0,00084$ ), в которой условно выделены семь переменных, статистически достоверно ( $p < 0,05$ ) связанных с госпитальной летальностью.

Как видно из табл. 4, 7 из 18 переменных имеют уровень значимости ниже 0,05, поэтому их можно рассмотреть в качестве предикторов госпитальной летальности. Среди них наибольшими коэффициентами Beta облада-

**Таблица 2** Характеристика операционного периода (n = 760)

Показатель	Абсолютная величина	Процент
Кардиоплегия	760	100
Custodiol®	715	94,1
кровяная	25	3,3
комбинированная	20	2,6
Восстановление сердечной деятельности	760	100
спонтанное	219	28,8
через фибрилляцию желудочков	541	71,2
Редуцирование фиброзного кольца аорты	47	6,2
комиссуральная пластика	26	3,4
П-образными швами	17	2,2
непрерывным обвивным швом	1	0,1
комбинированная пластика	2	0,3
с прокладками из ксеноперикарда	1	0,1
Шов аутографта	760	100
непрерывный	629	82,8
отдельные П-образные швы	41	5,4
непрерывный двурядный шов	45	5,9
П-образные швы, поверх — непрерывный обвивной шов	45	5,9
Сочетанные хирургические процедуры	171	22,5
пластика митрального клапана	72	9,5
пластика трикуспидального клапана	41	5,4
радиочастотная абляция и криоабляция	17	2,2
операция Росса – Конно	10	1,3
ушивание отверстия овальной ямки	6	0,8
тромбэктомия из ушка левого предсердия	5	0,7
резекция супраортальной мембраны	3	0,4
резекция субортальной мембраны	2	0,3
имплантация кардиостимулятора	2	0,3
пластика дуги аорты	2	0,3
чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика со стентированием коронарной артерии	2	0,3
закрытие открытого артериального протока	2	0,3
пластика дефекта межжелудочковой перегородки	2	0,3
закрытие коронаро-легочного сообщения	1	0,1
дополнительная пластика неоаортального клапана	1	0,1
каротидная эндартерэктомия с пластикой ксеноперикардальной заплатой	1	0,1
ревизия правого легкого, биопсия лимфатических узлов	1	0,1
лазерное туннелирование миокарда, имплантация стволовых клеток	1	0,1

ют тип операционного хирургического осложнения, необходимость экстренного шунтирования коронарной артерии и класс по NYHA к моменту операции. По величине Beta лидируют два фактора: необходимость экстренного шунтирования коронарной артерии и класс по NYHA: отношение рисков показывает, что увеличение номера этих категориальных переменных на единицу связано с повышением опасности наступления события в 2,24 и 2 раза соответственно. Другими факторами, связанными с повышенным риском летального исхода, были использование кровяной кардиоплегии (по сравнению с кустодиолом), тип шва анастомоза аутографта и продолжительность искусственного кровообращения.

По результатам анализа сформулировали паттерн предикторов благоприятного госпитального исхода операции Росса — это пациенты с функциональным статусом не более II класса по NYHA без необходимости экстренного шунтирования коронарной артерии.

#### Поздняя летальность (после выписки из стационара после операции Росса)

В числе потенциальных предикторов поздней смертности мы учли следующие факторы: артериальную гипертонию, анатомический вариант аортального порока, функциональный класс по NYHA, сопутствующие аритмии, международное нормализованное отношение, признаки сопутствующей ишемической болезни сердца на электрокардиографии, выраженность регургитации на неоаортальном клапане на момент выписки, пол и возраст пациента. Уровень значимости полученной регрессионной модели составил 0,56, таким образом, среди перечисленных выше факторов не было статистически значимых предикторов поздней летальности.

#### Анализ функции риска поздней летальности

В целом оценка анализируемой функции риска за весь период наблюдения не достигала статистически значимого порога 5%. В начале первого года риск смерти составлял 1,3%, затем практически становился нулевым, к середине третьего года минимально увеличивался, но к 12-му году не превышал 2%.

#### Обсуждение

Целью исследования было выявление предикторов летальности (госпитальной и отдаленной) и

**Таблица 3** Основные характеристики пациентов после операции Росса и осложнения госпитального этапа (n = 760)

Показатель	Абсолютная величина	Процент
<b>Международное нормализованное отношение</b>		
>0	2	0,3
≥1	144	18,9
≥2	221	29,1
≥3	33	4,3
<b>Регургитация на клапане аутографта</b>		
0-I	621	81,7
II	35	4,6
<b>Осложнения на операции</b>		
кровотечение из анастомоза аутографта	38	5,0
острая сердечная недостаточность	20	2,6
кровотечение из анастомоза кондуита	17	2,2
деформация правой коронарной артерии	14	1,8
деформация ствола левой коронарной артерии	11	1,4
повреждение сосуда	8	1,1
кровотечение из анастомоза коронарной артерии	7	0,9
кровотечение из скальпированного участка миокарда правого желудочка	7	0,9
фибрилляция желудочков или желудочковая тахикардия	6	0,8
недостаточность клапана аутографта	4	0,5
недостаточность митрального клапана	1	0,1
<b>Осложнения в палате интенсивной терапии</b>		
сердечная недостаточность	20	2,6
экстракорпоральная мембранная оксигенация	17	2,2
сердечная и почечная недостаточность	5	0,7
пароксизм фибрилляции предсердий, купированный медикаментом	4	0,5
сердечная и легочная недостаточность	3	0,4
сердечная, легочная и почечная недостаточность	3	0,4
острый психоз	3	0,4
полный AV-блок	3	0,4
постгипоксическая энцефалопатия	2	0,3
дыхательная недостаточность	2	0,3
выраженная аортальная недостаточность	2	0,3
кровотечение и сердечная недостаточность	2	0,3
<b>После перевода в общее отделение</b>		
тромбоэмболические события	2	0,3
дисфункция миокарда (по электрокардиографии)	114	15,0
имплантация электрокардиостимулятора	13	1,7
чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика	81	10,7



са перед протезированием аортального клапана обусловлены свойствами нативного клапана, что особенно важно при эндокардите клапана. Это показано в работе Ringle A. и соавт.: при наблюдении от 4 до 21 года общая выживаемость таких больных к 10-му и 15-му году были  $87\pm 5$  и  $81\pm 8\%$  соответственно, госпитальная летальность  $4,7\pm 3\%$  без поздних смертей от кардиальных причин. Дисфункция клапанов имела максимум через 8,4 года после операции. Рецидивы эндокардита были в 7%; не было необходимости в назначении антикоагулянтов [9]. В нашем исследовании госпитальная летальность составляла  $5,6\pm 1,6\%$ , что коррелирует с результатами Ringle A. и соавт. [9]; по нашим данным, годы наблюдения с нулевой и минимальной летальностью характеризовались именно отсутствием среди пациентов с инфекционным эндокардитом оперированных больных.

Но операция Росса демонстрирует отличные результаты и при отсутствии у пациента инфекционного эндокардита к моменту операции. В работе Mastrobuni S. и соавт. на 306 пациентов было 7 периоперационных смертей (2,3%) и 21 поздних смертей, из которых только 3 были клапан-зависимыми. Общая выживаемость к 15-му году после операции  $88\pm 3\%$ , что сопоставимо с трендом популяции. Кумулятивный показатель свободы от смерти, связанной с клапанной патологией, к 16-му году после операции составил  $96,8\pm 2\%$ , а свобода от повторной операции  $74,5\pm 4,3\%$ , причем госпитальная летальность после повторной операции была 2,6%, а 72% всех повторных вмешательств на аутотрансплантате составляли эффективные пластики неоаортального клапана [10].

Ранее в литературе было заявлено, что летальность при операции Росса не зависит от возраста пациента [11], однако в отчете о ретроспективном исследовании отдаленных результатов операции Росса у больных до 16 лет с периодом наблюдения от 2,4 до 19,2 года при сравнении с трендом популяции госпитальная летальность достигала 10% (31% у младенцев), а поздняя смертность 6% (15% у младенцев) [12].

В статье центра, имеющего 20-летний опыт выполнения операции Росса, у взрослых в возрасте от 18 до 60 лет госпитальная летальность составила 0,9%, а выживаемость к 10-му и 15-му годам после операции была 92,1 и 90,5% соответственно, при этом свобода от повторной операции, связанной с процедурой Росса, составила 94,7 и 87,7% к 10-му и 15-му годам соответственно [13]. Таким образом, возраст пациента на момент операции Росса имеет реальное прогностическое значение и, вероятно, должен быть возрастной оптимум для опе-

рации Росса. По данным нашего исследования, кривая выживаемости взрослых больных моложе 35 лет почти в три раза выше, чем у больных старше 35 лет. Возможно, эта точка (возраст 35 лет) может иметь некое прогностическое значение для взрослых пациентов.

В 2014 г. опубликовали результаты анализа еще одного центра, имеющего 20-летний опыт операции Росса (414 взрослых пациентов): госпитальная смертность 2,7%, выживаемость к 15-му году 89,3% (что соответствовало тренду популяции), а свобода от повторных операций к 15-му году была 90,7 и 92,5% в отношении гомографта и аутографта соответственно [14]. Это также согласуется с результатами еще одного центра, имеющего 20-летний опыт выполнения операции Росса: госпитальная летальность 1,6% и общая летальность сопоставима с таковой в популяции в целом [15].

Таким образом, по актуальным публикациям, при операции Росса госпитальная летальность низка, однако она может существенно измениться в зависимости от возраста пациента и наличия эндокардита. Но даже при отсутствии эндокардита и у молодых взрослых пациентов госпитальная летальность при операции Росса, к сожалению, все равно происходит, но из-за минимального преваленса пока не проводили клинических обобщений, и мы не нашли систематических обзоров, метаанализов, практических рекомендаций ни по факторам госпитальной и отдаленной летальности, ни по оптимальной тактике их профилактики или устранения. Возможно, наша работа является одним из первых в этой части исследований, пилотным по завершенности, и в связи с этим по-прежнему актуальной остается программная статья, в которой еще в 1982 г. Somerville J., Ross D., описав первые 26 операций, постулировали, что с ростом опыта проблемы неправильного расположения (сдавления, перегиба и перекрута) коронарных артерий и поперечной блокады сердца в основном будут преодолены [16]. Но на этапе освоения и накопления опыта операций Росса проблемы с коронарными артериями, их анастомозами по-прежнему могут быть затруднительными, поэтому чем шире арсенал способов и средств для устранения внезапных фатальных осложнений и более информирован о них хирург, тем эффективнее непосредственные результаты. Так, одним из экстренных способов является непрягая реимплантация левой коронарной артерии с интерпозицией трансплантата [17].

По результатам нашего исследования, госпитальная летальность соответствовала мировому тренду метаанализа, выполненного Takkenberg J.] и соавт. [18], соста-

вив  $5,6 \pm 1,6\%$  (95% ДИ 4,0–7,0%), и нам удалось выявить значимые различия внутри группы выявленных предикторов госпитальной летальности. По нашим первичным данным, в отличие от предостережения Somerville J., Ross D., наиболее трудная ситуация при операции Росса связана с повреждением сосуда после предшествующих операций на сердце. При возникновении указанной Somerville J., Ross D. деформации левой коронарной артерии или кровотечения из анастомозов аутографта вероятность выжить была на 20–40% выше. Результаты нашего исследования, по-видимому, обосновывают целесообразность обобщения известных алгоритмов согласованных действий и указывают еще на два клинические (не статистически) важных фактора, относящихся не к пациент-зависимым факторам, а к обеспечению операции Росса и повышающих вероятность ее успеха — это использование для кардиopleгии раствора Custodiol® и выполнение анастомоза аутографта двойным непрерывным швом, являющегося, вполне вероятно, методом выбора при операции Росса (если это будет подтверждено при скрупулезно проведенных последующих метаанализах). Кроме перечисленных выше результатов нашего исследования, важно обратить внимание на выявленный пациент-зависимый предиктор, способный усугубить ситуацию при хирургическом осложнении. По нашим данным, при соответствии функционального статуса пациента IV или III классу по NYHA выживаемость была 20 и 40% соответственно, по сравнению с 80% при I–II классе по NYHA. Однако мы с осторожностью относимся к этим результатам анализа в малочисленных подгруппах из-за низкой статистической мощности. Кроме названных пациент-зависимых и -независимых предикторов представлялось возможным выделить индикатор, условно обозначенный нами как косвенный показатель проблемы: оценка Каплана – Майера не превышала 20%, когда возникла необходимость в экстренном коронарном шунтировании либо продолжительность искусственного кровообращения превышала 400 мин.

В совокупности перечисленные факторы, по-видимому, очерчивают границу, после которой наступало достоверное увеличение риска госпитальной смерти.

### Заключение

Данные нашего исследования согласуются с доступными материалами актуальных мировых публикаций: результаты операции Росса имеют высокие характеристики функции выживаемости и низкие характеристики функции риска наступления клинически наиболее значимого исхода — летальности, что подтверждает высокую эффективность опе-

рации Росса и ее минимальный риск при условии, если ее выполняет специалист и в пределах границ указанных в статье предикторов.

Наши результаты доказали вероятность ряда ситуаций, которые могут увеличить риск госпитальной летальности. Представляется целесообразным формирование метаанализа по эффективности мер выхода из осложнений и создание актуального практического руководства по технологии операции Росса, включающего оптимальные алгоритмы координированных действий хирурга, анестезиолога и перфузиолога в ситуациях, в отношении которых доказано влияние на госпитальную смертность.

### Финансирование

Исследование не имело финансовой поддержки.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Авторы признательны кандидату медицинских наук Пономареву Д.Н. за консультативную помощь по биостатистике при подготовке текста статьи.

### Список литературы / References

1. Favaloro R.R., Roura P., Gomez C., Salvatori C. Aortic valve replacement ten-year follow up of the Ross procedure. *J Heart Valve Dis.* 2008;17(5):501-7.
2. Aagaard J., Tingleff J., Andersen P.V., Hansen C.N. Fourteen years' experience with the CarboMedics valve in young adults with aortic valve disease. *J Heart Valve Dis.* 2003;12(1):81-6.
3. Stelzer P., Itagaki S., Varghese R., Chikwe J. Operative mortality and morbidity after the Ross procedure: a 26-year learning curve. *J Heart Valve Dis.* 2013;22(6):767-75.
4. Andreas M., Wiedemann D., Seebacher G., Rath C., Aref T., Rosenhek R., Heinze G., Eigenbauer E., Simon P., Ruetzler K., Hiesmayr J.M., Moritz A., Laufer G., Kocher A. The Ross procedure offers excellent survival compared with mechanical aortic valve replacement in a real-world setting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;46(3):409-13. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezt663>
5. Nappi F., Spadaccio C., Al-Attar N., Acar C. The Ross procedure at the crossroads: lessons from biology: is Dr Ross's dream concluded? *Int J Cardiol.* 2015;178:37-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.10.134>
6. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(22):e57-185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2014.02.536>
7. Караськов А.М., Шарифулин Р.М., Богачев-Прокофьев А.В., Демин И.И., Железнев С.И., Опен А.Б. Коррекция аортальных пороков в сочетании с расширением восходящей аорты у взрослых пациентов: сравнение процедуры Росса и операции Бенталла-де Боно. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2015;19(3):50-7. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2015->

- 3-50-57 [Karaskov A.M., Sharifulin R.M., Bogachev-Prokofiyev A.V., Demin I.I., Zheleznev S.I., Open A.B. Results of surgical treatment in patients with aortic valve disease and concomitant ascending aorta dilatation: a comparison of the Ross procedure and the Bentall-deBono operation. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2015;19(3):50-57. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2015-3-50-57>]
8. Weimar T., Charitos E.I., Liebrich M., Roser D., Tzanavaros I., Doll N., Hemmer W.B. Quo vadis pulmonary autograft-the Ross procedure in its second decade: a single-center experience in 645 patients. *Ann Thorac Surg*. 2014;97(1):167-74.
  9. Ringle A., Richardson M., Juthier F., Rousse N., Polge A.S., Coisne A., Duva-Pentiah A., Abda A.B., Banfi C., Montaigne D., Vincentelli A., Prat A. Ross procedure is a safe treatment option for aortic valve endocarditis: Long-term follow-up of 42 patients. *Int J Cardiol*. 2015;203:62-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.10.071>
  10. Mastrobuoni S., de Kerchove L., Solari S., Astarci P., Poncelet A., Noirhomme P., Rubay J., El Khoury G. The Ross procedure in young adults: over 20 years of experience in our Institution. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2016;49(2):507-12. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezv053>
  11. Bansal N., Kumar S.R., Baker C.J., Lemus R., Wells W.J., Starnes V.A. Age-related outcomes of the Ross procedure over 20 years. *Ann Thorac Surg*. 2015;99(6):2077-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.02.066>
  12. Kallio M., Pihkala J., Sairanen H., Mattila I. Long-term results of the Ross procedure in a population-based follow-up. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015;47(5):e164-70. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezv004>
  13. Kalfa D., Mohammadi S., Kalavrouziotis D., Kharroubi M., Doyle D., Marzouk M., Metras J., Perron J. Long-term outcomes of the Ross procedure in adults with severe aortic stenosis: single-centre experience with 20 years of follow-up. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015;47(1):159-67; discussion 167. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezu038>
  14. da Costa F.D., Takkenberg J.J., Fornazari D., Balbi Filho E.M., Colatusso C., Mokhles M.M., da Costa A.B., Sagrado A.G., Ferreira A.D., Fernandes T., Lopes S.V. Long-term results of the Ross operation: an 18-year single institutional experience. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;46(3):415-22. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezu013>
  15. David T.E., David C., Woo A., Manlihot C. The Ross procedure: outcomes at 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;147(1):85-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.08.007>
  16. Somerville J., Ross D. Homograft replacement of aortic root with reimplantation of coronary arteries. Results after one to five years. *Br Heart J*. 1982;47(5):473-82.
  17. Senanayake E.L., Cooper G.J. Indirect re-implantation of the left coronary artery during aortic surgery. *J Card Surg*. 2012;27(2):205-10. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-8191.2012.01421.x>
  18. Takkenberg J.J., Klieverik L.M., Schoof P.H., van Suylen R.J., van Herwerden L.A., Zondervan P.E., Roos-Hesselink J.W., Eijkemans M.J., Yacoub M.H., Bogers A.J. The Ross procedure: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*. 2009;119(2):222-8. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.726349>

### Lethality predictors in adults undergoing Ross procedure: analysis of 760 operations

Karaskov A.M., Bogachev-Prokofiev A.V., Lenko E.V., Demin I.I.

Meshalkin Siberian Federal Biomedical Research Center, Ministry of Health of Russian Federation, 630055 Novosibirsk, Russian Federation

Corresponding author: Evgeny V. Lenko, [lenko@meshalkin.ru](mailto:lenko@meshalkin.ru)

**Aim.** This one-center cohort study focused on the identification of predictors of in-patient (up to 30 days) and late lethality in patients after Ross procedure over a period from 2002 to 2015.

**Methods.** 760 patients aged 16-73 were evaluated. The analysis included methods of descriptive statistics and Kaplan-Meier survival test. To identify the factors related to lethality outcomes, use was made of a log rank test, a chi-square test and Cox regression analysis.

**Results.** In-patient lethality was from 0 to 5 deaths a year (95% confidence interval, 0 to 3), on average  $5.6 \pm 1.6\%$  (95% confidence interval; 4 to 7) over a period from 2002 to 2015. The cohort mean values of post-operative survival over 5 and 10 years were 98% and 98% respectively (late survival was 2%). The following statistically significant predictors of in-patient lethality ( $p < 0.05$ ) were revealed: type of surgical complications, type of suture used for transplant anastomosis, emergency coronary grafting, cardioplegia type, on-pump duration, New York Heart Association (NYHA) class, patient's age. No statistically significant predictors of late lethality ( $p < 0.05$ ) were identified.

**Conclusion.** The existing protocols for coronary arteries deformation, leakage from each of six anastomoses, right ventricle autograft bed, obligatory use of artificial circulation should be updated and added to the relevant Ross procedure guidelines.

**Keywords:** Ross procedure; in-patient lethality; late lethality

Received 22 December 2016. Accepted 14 March 2017.

**Financing:** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interest:** Authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgments:** The authors are grateful to Dr. Ponomarev D.N., Cand. Sci., for advice on biostatistics when preparing the article for submission.

**Copyright:** © 2017 Karaskov et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

**How to cite:** Karaskov A.M., Bogachev-Prokofiev A.V., Lenko E.V., Demin I.I. Lethality predictors in adults undergoing Ross procedure: analysis of 760 operations. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2017;21(1):73-80. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-1-73-80>