

<https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-1-27-32>



# Периоперационные особенности ведения пациентов при маммарокоронарном шунтировании с применением робот-ассистированной хирургической системы Da Vinci

А.Ф. Нуриманшин<sup>1\*</sup>, Р.Р. Богданов<sup>2</sup>, А.А. Хусаенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Клиника Башкирского государственного медицинского университета, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

<sup>2</sup> Башкирский государственный медицинский университет, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

\* **Контакты:** Нуриманшин Алмаз Флюсович, e-mail: [almaz.nurimanshin@mail.ru](mailto:almaz.nurimanshin@mail.ru)

**Нуриманшин Алмаз Флюсович** — к.м.н., отделение анестезиологии-реанимации, [orcid.org/0000-0002-1263-4903](https://orcid.org/0000-0002-1263-4903)

**Богданов Ринат Радикович** — д.м.н., доцент, кафедра анестезиологии и реаниматологии с курсом ИДПО, [orcid.org/0000-0002-4501-7151](https://orcid.org/0000-0002-4501-7151)

**Хусаенова Альбина Ауфатовна** — к.п.н., доцент, отдел качества и мониторинга образования, [orcid.org/0000-0003-0481-5023](https://orcid.org/0000-0003-0481-5023)

## Аннотация

**Введение.** Внедрение мини-инвазивных хирургических технологий, в том числе и робот-ассистированных, позволило, с одной стороны, расширить показания к операциям, а с другой — породило ряд специфических проблем, связанных с техническими особенностями малоинвазивного лечения. Последнее заставляет по-новому рассмотреть влияние на пациента хирургической агрессии, требующей и адекватного анестезиологического пособия с целью обеспечения безопасности пациента, с коррекцией изменений гомеостаза. **Цель исследования.** Улучшение результатов обеспечения безопасности пациентов при маммарокоронарном шунтировании с применением робот-ассистированной хирургической системы Da Vinci. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 12 пациентов, у которых выполнено робот-ассистированное эндоскопическое выделение левой внутренней грудной артерии, а затем наложение анастомоза на переднюю нисходящую ветвь через мини-торакотомия в 5-м межреберье в условиях однолегочной ингаляционной анестезии на основе севофлурана с продолженной ESP-аналгезией. **Результаты и обсуждение.** Серьезных осложнений, таких как инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения, не зафиксировано и летальных исходов не было. Выписка или перевод в отделение реабилитации происходили на 5–7-е сутки. **Заключение.** Внедрение малоинвазивных технологий, в том числе и робот-ассистированных, требует от анестезиолога-реаниматолога и кардиохирургов не только знаний о патофизиологических факторах, которые влияют на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, но и умения прогнозировать ход событий и предпринимать действия, направленные на предотвращение развития осложнений.

**Ключевые слова:** маммарокоронарное шунтирование, передняя нисходящая артерия, роботизированная хирургия, периоперационный период, карбокситоракс, однолегочная вентиляция, ESP-аналгезия

**Для цитирования:** Нуриманшин А.Ф., Богданов Р.Р., Хусаенова А.А. Периоперационные особенности ведения пациентов при маммарокоронарном шунтировании с применением робот-ассистированной хирургической системы Da Vinci. Креативная хирургия и онкология. 2023;13(1):27–32. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-1-27-32>

## Perioperative Patient Management in Mammary Coronary Bypass Surgery Using Da Vinci Surgical System

**Almaz F. Nurimanshin** —  
Cand. Sci. (Med.), Anesthesiology and Intensive Care Unit, [orcid.org/0000-0002-1263-4903](https://orcid.org/0000-0002-1263-4903)

**Rinat R. Bogdanov** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Anesthesiology and Resuscitation with a Course of Advanced Professional Education, [orcid.org/0000-0002-4501-7151](https://orcid.org/0000-0002-4501-7151)

**Albina A. Khusaenova** —  
Cand. Sci. (Ped.), Assoc. Prof., Education Quality and Monitoring Office, [orcid.org/0000-0003-0481-5023](https://orcid.org/0000-0003-0481-5023)

*Almaz F. Nurimanshin<sup>1\*</sup>, Rinat R. Bogdanov<sup>2</sup>, Albina A. Khusaenova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Clinic of Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup> Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

\* **Correspondence to:** Almaz F. Nurimanshin, e-mail: [almaz.nurimanshin@mail.ru](mailto:almaz.nurimanshin@mail.ru)

### Abstract

**Introduction.** Minimally invasive surgical techniques, including robot-assisted ones, on the one hand, allowed indications for surgery to be expanded, but on the other hand, generated a number of specific problems associated with technical aspects of minimally invasive treatment. The latter has led to a new consideration of the influence of surgical aggression on patients and showed a clear need for adequate anaesthetic support in order to correct homeostasis changes and ensure safety of patients. **Aim.** To improve the patient safety in mammary coronary bypass surgery using the Da Vinci robotic surgical system. **Materials and methods.** The study enrolled 12 patients who underwent robot-assisted endoscopic isolation of the left internal mammary artery, followed by an anastomosis of the anterior descending branch via a mini-thoracotomy in the fifth intercostal space under single lung sevoflurane inhalation anesthesia with continuous ESP analgesia. **Results and discussion.** No lethal outcomes or serious complications such as myocardial infarction and acute cerebrovascular accident were reported. Discharge or transfer to the rehabilitation unit was carried out on the 5th–7th day. **Conclusion.** Minimally invasive techniques, including robot-assisted ones, require that the intensivists and cardiac surgeons be aware of the pathophysiological factors that affect the cardiovascular and respiratory systems, and have the ability to predict the course of events and take actions to prevent complications.

**Keywords:** mammary coronary bypass, anterior descending artery, robotic surgery, perioperative period, carboxytorax, single lung ventilation, ESP analgesia

**For citation:** Nurimanshin A.F., Bogdanov R.R., Khusaenova A.A. Perioperative patient management in mammary coronary bypass surgery using Da Vinci surgical system. *Creative surgery and oncology*. 2023;13(1):27–32. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-1-27-32>

## ВВЕДЕНИЕ

Статистика сердечно-сосудистых заболеваний неутешительна и в структуре смертности занимает одно из первых мест как во всем мире, так и в РФ, и поэтому современный этап медицины прогрессивно развивается в направлении улучшения качества и эффективности как плановой, так и urgentной медицинской помощи пациентам данного профиля. Наибольший риск для взрослого населения представляет ишемическая болезнь сердца (ИБС) [1–4].

Комплекс лечебных мероприятий при ИБС условно можно разделить на три вида: медикаментозная терапия, хирургическая реваскуляризация миокарда (АКШ — аортокоронарное шунтирование, МКШ — маммаро-коронарное шунтирование), эндоваскулярные методы лечения. Существует множество методов прямой хирургической реваскуляризации миокарда как с применением искусственного кровообращения (ИК), так и без: АКШ с применением ИК; АКШ на параллельном ИК; АКШ без ИК на работающем сердце; множественное коронарное шунтирование через левую переднебоковую миниторакотомию (MICS CABG — Minimally Invasive Cardiac Surgery/Coronary Artery Bypass Grafting); маммаро-коронарное шунтирование без ИК через переднелевую миниторакотомию (MIDCAB — Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass); гибридная реваскуляризация миокарда (HCR — Hybrid Coronary Revascularization), которая сочетает в себе преимущества MIDCAB и чрескожного коронарного вмешательства; робот-ассистированная реваскуляризация миокарда — полностью эндоскопическое коронарное шунтирование (TECAB — Total Endoscopic Coronary Artery Bypass) [5].

Реваскуляризация передней нисходящей артерии (ПНА) является «золотым стандартом» маммаро-коронарного шунтирования с применением различных доступов [6, 7]. У истоков МКШ на работающем сердце из левосторонней торакотомии стоял кардиохирург Василий Иванович Колесов [8].

В настоящее время модернизацией, которая представляется инновационной для метода MIDCAB, стало эндоскопическое (робот-ассистированное) выделение левой внутренней грудной артерии (ЛВГА) с последующим наложением анастомоза на ПНА. Данная методика исключает чрезмерную тракцию ребер при прямом выделении ЛВГА, также уменьшает размер мини-торакотомии при наложении анастомоза [9].

Робот-ассистированные оперативные вмешательства получили широкое распространение и прочно вошли в практику стационаров с возможностью дальнейшего развития и внедрения в различные области хирургии, в том числе и кардиохирургии. Популяризации робот-ассистированных оперативных вмешательств способствуют положительные стороны, такие как малотравматичность, косметический эффект, сокращенный период госпитализации, снижение послеоперационных болей, минимальный риск периоперационного инфицирования [9, 10].

Но, несмотря на малотравматичность, робот-ассистированное МКШ имеет и ограничение применения:

во-первых, это стоимость как самой хирургической системы, так и расходного материала; во-вторых, необходим тщательный отбор пациентов; к тому же у операции довольно узкие показания (к примеру, изолированное поражение одной коронарной артерии при МКШ); в-третьих, необходимость однологочной вентиляции с наличием карбокситорака, позиционирование пациента со всеми вытекающими изменениями — последствиями для организма пациента; в-четвертых, необходимость обучения как хирургов, так и анестезиологов [11].

Одной из универсальных проблем при робот-ассистированных операциях является необходимость большого пространства из-за громоздкого оборудования (габариты), что создает проблемы для правильного расположения анестезиологической аппаратуры, необходимость контролируемой миорелаксации пациента, также обучения хирургической бригады для быстрого отсоединения роботизированной системы в экстренных жизнеугрожающих пациенту ситуациях [12].

Робот-ассистированная кардиохирургия ставит перед анестезиологами новые задачи. Ключевые вопросы анестезиологического обеспечения связаны с коррекцией дыхательных и сердечно-сосудистых изменений, связанных с наложением карбокситорака, однологочной вентиляцией [13, 14].

При наложении карбокситорака возникают гемодинамические сдвиги: это повышение внутриторакального давления, сдвиг средостения, снижение венозного возврата, снижение преднагрузки, снижение ударного объема (УО), которое приводит к снижению системного АД, повышение общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС). Данные нарушения гемодинамики обусловлены многими взаимосвязанными факторами. Сдавление нижней полой вены вызывает депонирование крови в нижних конечностях, снижение венозного возврата и, соответственно, снижение сократимости сердечной мышцы (закон Франка — Старлинга); в свою очередь, уменьшение УО приводит к компенсаторному увеличению постнагрузки за счет стимуляции симпатической нервной системы, сопровождающейся положительным инотропным и хронотропным эффектами на миокард, а также повышением ОПСС. Изменение давления в правых отделах сердца и полых венах стимулирует и парасимпатическую нервную систему с помощью импульсов из расположенных там барорецепторов, что проявляется развитием брадикардии и гипотензии [14].

По данным авторов, при наложении карбокситорака возникают следующие изменения биомеханики дыхания: увеличивается давление в дыхательных путях, растет поглощение углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), что обуславливает рост значений  $\text{PaCO}_2$  (парциальное давление  $\text{CO}_2$ ) и  $\text{PetCO}_2$  (содержание углекислого газа в конце выдоха) в крови. Сатурация при этом остается на прежних значениях. Но более выраженные вентиляционно-перфузионные нарушения могут возникнуть при проведении однологочной ИВЛ и коллабировании легкого на стороне операции (то есть левого легкого). Сохраняющийся кровоток в невентилируемом легком

может вызвать значительное шунтирование крови и повысить риск развития гипоксемии [15]. Все эти изменения создают высокую нагрузку на адаптационные системы организма.

В задачи анестезиолога входит по возможности предотвратить или, в крайнем случае, минимизировать данные изменения. Для этого должен быть строгий отбор пациентов с оценкой функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем, проведение функциональных легочных проб — спирометрии, КТ ОГК, исключение пациентов с декомпенсированными заболеваниями или в периоде обострения заболеваний органов дыхания, с деформацией грудной клетки; следует учитывать фракцию выброса левого желудочка. Должен быть оптимальный и необходимый интраоперационный мониторинг. Нужно придерживаться Гарвардского стандарта мониторинга с контролем инвазивного артериального давления, центрального венозного давления, мониторингом нервно-мышечного блока. Необходим также тщательный мониторинг биомеханики дыхания, контроль показателей газообмена и кислотно-основного состояния (КОС) [16], потому что не представляется возможным адекватный выбор параметров ИВЛ с целью коррекции отклонений в дыхательной системе (гиперкапния, снижение сатурации, низкий дыхательный объем, высокое пиковое давление и т. д.) [17].

Очень важное значение имеет контроль давления карбокситоракса, поддержание внутригрудного давления (ВГД) не более 12 мм рт. ст. во время выделения ВГА. Интраоперационно может потребоваться использование более высоких концентраций кислорода на протяжении всей операции (до 100%). С целью профилактики ателектазов и для улучшения оксигенации важно применение непрерывного ПДКВ (5–8 см вод. ст.), вентиляция малыми дыхательными объемами (5–7 мл/кг) при одноклеточной вентиляции. Важно сохранить EtCO<sub>2</sub> между 35 и 40 мм рт. ст., регулируя частоту дыхания и минутную вентиляцию легких.

Показатель	Значение
Средний возраст, лет	57,5 ± 7,5
м/ж	9/3
ASA III	12
Вес, кг	76,0 ± 7,9
Рост (см)	168,6 ± 6,4
Стенозы внутренней сонной артерии	4 (33,3%)
Стенозы артерий нижних конечностей	5 (41,6%)
Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе	1 (8,3%)
Инфаркт миокарда в анамнезе	4 (33,3%)
Курение	7 (58,3%)
Хроническая обструктивная болезнь легких (ремиссия)	5 (41,6%)
Сахарный диабет	3 (25%)
Фракция выброса левого желудочка, %	51,6 ± 5,4

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика пациентов (n = 12)  
**Table 1.** Comparative characteristics of patients (n = 12)

Должна быть адекватная аналгезия, анестезия и миорелаксация. Необходимо применение рестриктивного типа инфузионной терапии, так как перегрузка объемом приводит к гипертензии малого круга кровообращения, что в условиях одноклеточной вентиляции увеличивает внутрилегочной шунт и создает высокий риск отека легкого. Обязательно поддержание нормотермии у пациента. По показаниям необходимо применение вазопрессоров, кардиотоников, нитратов [18].

Таким образом, основная стратегическая задача анестезиолога-реаниматолога: обеспечить баланс между доставкой и потреблением кислорода, а также избежать тахикардии, артериальной гипотензии и гипертензии, контролировать ритм.

И еще одна особенность мини-инвазивных кардиохирургических операций — это возможное возникновение жизнеугрожающего состояния — фибрилляции желудочков сердца. И поэтому на пациента должны быть наклеены внешние электроды для кардиоверсии до операции. Но карбокситоракс может изолировать сердце от тока дефибрилляции, поэтому инсuffляцию CO<sub>2</sub> следует остановить с эвакуацией карбокситоракса и перед попыткой дефибрилляции возобновить вентиляцию обоих легких.

**Цель исследования:** улучшение результатов обеспечения безопасности пациентов при маммарокоронарном шунтировании с применением робот-ассистированной хирургической системы Da Vinci.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Прооперировано 12 пациентов (9 мужчин и 3 женщины). Пациенты сопоставимы по полу, риску оперативного и анестезиологического пособия по классификации американской ассоциации анестезиологов (ASA III). Все пациенты прошли стандартное обследование перед операцией: изучены анамнестические данные, результаты клинических и инструментальных исследований. Наиболее важные клинические данные отражены в таблице 1.

Основные этапы операций заключались в робот-ассистированном эндоскопическом выделении внутренней грудной артерии (ВГА) с помощью 3 троакаров, а затем наложении анастомоза на ПНА через мини-торакалотию в 5-м межреберье. Мониторинг согласно Гарвардскому стандарту и с контролем инвазивного АД, нервно-мышечного блока и данных биомеханики дыхания. На этапе наложения карбокситоракса отмечалось значимое снижение сисАД (101/54–80/36 мм рт. ст.), что корригировалось вазопрессорной поддержкой. Индукция с помощью внутривенного болюсного введения пропофола, также введения фентанила 2–3 мкг/кг. Интубация трахеи осуществлялась на фоне тотальной миорелаксации рокурония бромидом 0,6 мг/кг. Анестезию севофлураном проводили на низких потоках до достижения 1 МАК. Искусственная вентиляция легких проводилась по полужакрытому типу наркозно-дыхательным аппаратом с контролем концентрации газов на вдохе и выдохе. Одноклеточная вентиляция с использованием двухпросветных трубок.

В операционной пациенту выполняли блокаду мышцы, выпрямляющей позвоночник, — erector spinae plane block. С целью послеоперационного обезболивания и профилактики развития постторакомотомического болевого синдрома устанавливали катетер для продолженной ESP-анальгезии. На фоне ESP-анальгезии отмечались хорошая послеоперационная анальгезия, более стабильные гемодинамические параметры, меньше частота ПОТР, меньше депрессия дыхания и образование ателектаз и раньше экстубация пациентов.

Послеоперационный период в отделении реанимации после маммарокоронарного шунтирования с применением робот-ассистированной хирургической системы Da Vinci имеет общие черты с ведением пациентов после АКШ через стернотомный доступ. Стандартно выполняется лабораторно-инструментальная диагностика (газы крови, КЩС, биохимические показатели и общий анализ крови, коагулограмма, общий анализ мочи, рентген органов грудной клетки, ЭхоКГ, ЭКГ). По показаниям проводится плазмоземотрансфузия с целью коррекции кислородной емкости и факторов свертывания крови. Стандартные необходимые методы коррекции в раннем послеоперационном периоде: инфузионная; вазопрессорная и кардиотоническая; коррекция уровня электролитов и гликемии; антибиотикопрофилактика и антибиотикотерапия; противоязвенная; антигипертензивная и антиаритмическая; дезагрегантная и антикоагулянтная терапии. Должна быть адекватная анальгезия с соблюдением концепции мультимодальной анальгезии, так как высокая интенсивность послеоперационной боли и наличие нейропатического компонента являются факторами риска формирования хронического постторакомотомического болевого синдрома (ХПТБС), частота которого может достигнуть 65–80 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выполнено 12 операций. Серьезных осложнений, таких как инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения, не зафиксировано и летальных исходов не было. Выписка или перевод в отделение реабилитации происходили на 5–7-е сутки. Основные показатели операции и течения послеоперационного периода представлены в таблице 2.

Робот-ассистированное выделение левой внутренней грудной артерии (ЛВГА) с последующим наложением анастомоза на ПНА через мини-торакотомию — редкая новая операция, которая исключает чрезмерную тракцию ребер при прямом выделении ЛВГА, а также уменьшает размер мини-торакотомии при наложении анастомоза. Возможность безопасного выполнения этой операции из минимального доступа на работающем сердце обеспечивает хороший как непосредственный, так и отдаленный клинический эффект, но применение этой методики возможно только у пациентов с изолированным поражением проксимального отдела ПНА. Немаловажной особенностью операции является хороший косметический эффект, целостность грудины, ранняя активизация пациентов и отсутствие осложнений, связанных с применением искусственного кровообращения. И данные

операции проводятся без манипуляций на восходящей аорте, что является преимуществом в плане профилактики церебральных осложнений. Необходимость строгого отбора пациентов и высокая себестоимость считаются ограничивающими факторами к широкому внедрению таких операций в клиническую практику.

**Выводы.** 1. Коррекция дыхательных и сердечно-сосудистых изменений, связанных с наложением карбокситоракса, однолегочной вентиляцией является ключевой задачей кардиоанестезиолога при робот-ассистированном МКШ; 2. Маммарокоронарное шунтирование с применением робот-ассистированной хирургической системы Da Vinci обеспечивает косметический эффект, сокращает период реабилитации пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение малоинвазивных технологий, в том числе и робот-ассистированных, требует от анестезиолога-реаниматолога и кардиохирургов не только знаний о патофизиологических факторах, которые влияют на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, но и умения прогнозировать ход событий и предпринимать действия, направленные на предотвращение развития осложнений. Наличие как положительных сторон, так немаловажных особенностей при правильном ведении пациента позволяет при наличии даже дорогостоящего оборудования применить эту методику. Неоспоримым остается факт, что любое успешное хирургическое оперативное вмешательство складывается из нескольких компонентов: отбор и предоперационная подготовка, само техническое выполнение, интра- и послеоперационное ведение пациента, командная работа хирургической и анестезиологической бригад. Скорейшая активизация и начало реабилитации являются залогом скорейшего послеоперационного восстановления пациентов и возвращения их к обычной жизни.

Показатель	Значение
Длительность выделения ЛВГА, мин	23 ± 4
Длительность операции, мин	118 ± 16
Конверсия хирургического доступа	0
Кровопотеря в операционной/после операции по дренажам, мл	80 ± 35/139 ± 72
Экстубация, мин	120 ± 35
Гидроторакс в п/о периоде	2 (16,6 %)
Ателектаз левого легкого	1 (8,3 %)
Подкожная эмфизема в п/о периоде	2 (16,6 %)
Нарушение ритма по типу фибрилляции предсердий	2 (16,6 %)
Часы в отделении анестезиологии-реанимации	22 ± 2,5
Длительность госпитализации после операции, дни	5 ± 2,5

**Таблица 2.** Основные показатели операции и течения послеоперационного периода (n = 12)  
**Table 2.** Basic parameters during surgery and post-surgery period (n = 12)

**Информация о конфликте интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest

**Информация о спонсорстве.** Данная работа не финансировалась.

**Funding.** This work is not funded

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Vancheri F, Tate A.R., Henein M., Backlund L., Donfrancesco C., Palmieri L., et al. Time trends in ischaemic heart disease incidence and mortality over three decades (1990–2019) in 20 Western European countries: systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Eur J Prev Cardiol.* 2022;29(2):396–403. DOI: 10.1093/eurjpc/zwab134
- Аскарлов Р.А., Давлетшин Р.А., Аскарова З.Ф., Шарипова И.А. Уровень и структура смертности от болезней системы кровообращения в регионах Республики Башкортостан (2002–2018 гг.). *Здравоохранение Российской Федерации.* 2017;61(6):300–8. DOI: 10.18821/0044-197X-2017-61-6-300-308
- Глезер М. Стабильная ишемическая болезнь сердца (диагностика и лечение). *Врач.* 2018;29(12):37–41. DOI: 10.29296/25877305-2018-12-09
- Драпкина О.М., Самородская И.В. Динамика региональных показателей смертности от болезней сердца в России в 2019–2021 гг. *Профилактическая медицина.* 2022;25(12):64–70. DOI: 10.17116/profmed20222512164
- Муратов А.Г., Эфендиев В.У., Андин А.В., Дробот Д.Б., Демидов Д.П., Сакович В.А. История развития коронарной хирургии. *Сибирское медицинское обозрение.* 2021;3:15–25. DOI: 10.20333/25000136-2021-3-15-25
- Mick S., Keshavamurthy S., Bonatti J. Current status of minimally invasive, robotic and hybrid coronary artery bypass surgery. In: Taggart D., Abu-Omar Y. (eds) *Core concepts in cardiac surgery.* Oxford: Oxford Academic; 2018. P. 53–72. DOI: 10.1093/med/9780198735465.003.0003
- Yanagawa B., Puskas J.D. State-of-the-art surgical coronary revascularization: Multiple arterial conduits, minimal aortic manipulation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;150(1):259–61. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.02.030
- Sedov V.M., Nemkov A.S. Vasilii Ivanovich Kolesov: pioneer of coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45(2):220–4. DOI: 10.1093/ejcts/ezt605
- Chitwood W.R. Jr. Historical evolution of robot-assisted cardiac surgery: a 25-year journey. *Ann Cardiothorac Surg.* 2022;11(6):564–82. DOI: 10.21037/acs-2022-rmvs-26
- Ashrafian H., Clancy O., Grover V., Darzi A. The evolution of robotic surgery: surgical and anaesthetic aspects. *Br J Anaesth.* 2017;119(suppl\_1):i72–i84. DOI: 10.1093/bja/aex383
- Bhatt H.V., Schuessler M.E., Torregrossa G., Fitzgerald M.M., Evans A.S., Narasimhan S., et al. Robotic cardiac surgery part ii: anesthetic considerations for robotic coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(9):2484–91. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.11.005
- Sepehrpour A.H., Garas G., Athanasiou T., Casula R. Robotics in cardiac surgery. *Ann R Coll Surg Engl.* 2018;100(Suppl 7):22–33. DOI: 10.1308/rcsann.supp.2.22
- Wang G., Gao C. Robotic cardiac surgery: an anaesthetic challenge. *Postgrad Med J.* 2014;90(1066):467–74. DOI: 10.1136/postgrad-medj-2013-132326
- Ren Y., Zhu X., Yan H., Chen L., Mao Q. Cardiorespiratory impact of intrathoracic pressure overshoot during artificial carbon dioxide pneumothorax: a randomized controlled study. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):76. DOI: 10.1186/s12871-022-01621-9
- Rezk M.E., Elgazzar M.A., Abo Youssef S.M., Emeraa A.S., Elkafoury A.E., Moussa H.H. Open versus closed pleura internal mammary artery harvesting and early pulmonary function after coronary artery bypass grafting. *Heart Lung Circ.* 2020;29(9):1412–7. DOI: 10.1016/j.hlc.2019.09.014
- Kapur A., Kapur V. Robotic surgery: anaesthesiologist's contemplation. *Malays J Med Sci.* 2020;27(3):143–9. DOI: 10.21315/mjms2020.27.3.15
- Kim K.N., Kim D.W., Jeong M.A., Sin Y.H., Lee S.K. Comparison of pressure-controlled ventilation with volume-controlled ventilation during one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2016;16(1):72. DOI: 10.1186/s12871-016-0238-6
- Mittnacht A.C., London M.J., Puskas J.D., Kaplan J.A. Anesthesia for myocardial revascularization. In: Kaplan J.A. (ed). *Kaplan's essentials of cardiac anesthesia.* Elsevier; 2018. P. 322–51. DOI: 10.1016/B978-0-323-49798-5.00014-0
- Vancheri F., Tate A.R., Henein M., Backlund L., Donfrancesco C., Palmieri L., et al. Time trends in ischaemic heart disease incidence and mortality over three decades (1990–2019) in 20 Western European countries: systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Eur J Prev Cardiol.* 2022;29(2):396–403. DOI: 10.1093/eurjpc/zwab134
- Askarov R.A., Davletshin R.A., Askarova Z.F., Sharipova I.A. The level and structure of mortality from diseases of blood circulation system in the regions of the Republic of Bashkortostan (2002–2015). *Health Care of the Russian Federation, Russian journal.* 2017;61(6):300–8 (In Russ.). DOI: 10.18821/0044-197X-2017-61-6-300-308
- Glezer M. Stable coronary heart disease: diagnosis and treatment. *Vrach.* 2018;29(12):37–41 (In Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2018-12-09
- Drapkina O.M., Samorodskaya I.V. Trends in regional mortality rates from heart diseases in Russia in 2019–2021. *Profilakticheskaya Meditsina.* 2022;25(12):64–70 (In Russ.). DOI: 10.17116/profmed20222512164
- Muradov A.G., Efendiev V.U., Andin A.V., Drobot D.B., Demidov D.P., Sakovich V.A. The history of coronary surgery development. *Siberian Medical Review.* 2021;3:15–25 (In Russ.). DOI: 10.20333/25000136-2021-3-15-25
- Mick S., Keshavamurthy S., Bonatti J. Current status of minimally invasive, robotic and hybrid coronary artery bypass surgery. In: Taggart D., Abu-Omar Y. (eds) *Core concepts in cardiac surgery.* Oxford: Oxford Academic; 2018. P. 53–72. DOI: 10.1093/med/9780198735465.003.0003
- Yanagawa B., Puskas J.D. State-of-the-art surgical coronary revascularization: Multiple arterial conduits, minimal aortic manipulation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;150(1):259–61. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.02.030
- Sedov V.M., Nemkov A.S. Vasilii Ivanovich Kolesov: pioneer of coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45(2):220–4. DOI: 10.1093/ejcts/ezt605
- Chitwood W.R. Jr. Historical evolution of robot-assisted cardiac surgery: a 25-year journey. *Ann Cardiothorac Surg.* 2022;11(6):564–82. DOI: 10.21037/acs-2022-rmvs-26
- Ashrafian H., Clancy O., Grover V., Darzi A. The evolution of robotic surgery: surgical and anaesthetic aspects. *Br J Anaesth.* 2017;119(suppl\_1):i72–i84. DOI: 10.1093/bja/aex383
- Bhatt H.V., Schuessler M.E., Torregrossa G., Fitzgerald M.M., Evans A.S., Narasimhan S., et al. Robotic cardiac surgery part ii: anesthetic considerations for robotic coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(9):2484–91. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.11.005
- Sepehrpour A.H., Garas G., Athanasiou T., Casula R. Robotics in cardiac surgery. *Ann R Coll Surg Engl.* 2018;100(Suppl 7):22–33. DOI: 10.1308/rcsann.supp.2.22
- Wang G., Gao C. Robotic cardiac surgery: an anaesthetic challenge. *Postgrad Med J.* 2014;90(1066):467–74. DOI: 10.1136/postgrad-medj-2013-132326
- Ren Y., Zhu X., Yan H., Chen L., Mao Q. Cardiorespiratory impact of intrathoracic pressure overshoot during artificial carbon dioxide pneumothorax: a randomized controlled study. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):76. DOI: 10.1186/s12871-022-01621-9
- Rezk M.E., Elgazzar M.A., Abo Youssef S.M., Emeraa A.S., Elkafoury A.E., Moussa H.H. Open versus closed pleura internal mammary artery harvesting and early pulmonary function after coronary artery bypass grafting. *Heart Lung Circ.* 2020;29(9):1412–7. DOI: 10.1016/j.hlc.2019.09.014
- Kapur A., Kapur V. Robotic surgery: anaesthesiologist's contemplation. *Malays J Med Sci.* 2020;27(3):143–9. DOI: 10.21315/mjms2020.27.3.15
- Kim K.N., Kim D.W., Jeong M.A., Sin Y.H., Lee S.K. Comparison of pressure-controlled ventilation with volume-controlled ventilation during one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2016;16(1):72. DOI: 10.1186/s12871-016-0238-6
- Mittnacht A.C., London M.J., Puskas J.D., Kaplan J.A. Anesthesia for myocardial revascularization. In: Kaplan J.A. (ed). *Kaplan's essentials of cardiac anesthesia.* Elsevier; 2018. P. 322–51. DOI: 10.1016/B978-0-323-49798-5.00014-0

## REFERENCES

- Vancheri F., Tate A.R., Henein M., Backlund L., Donfrancesco C., Palmieri L., et al. Time trends in ischaemic heart disease incidence and mortality over three decades (1990–2019) in 20 Western European countries: systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Eur J Prev Cardiol.* 2022;29(2):396–403. DOI: 10.1093/eurjpc/zwab134
- Askarov R.A., Davletshin R.A., Askarova Z.F., Sharipova I.A. The level and structure of mortality from diseases of blood circulation system in the regions of the Republic of Bashkortostan (2002–2015). *Health Care of the Russian Federation, Russian journal.* 2017;61(6):300–8 (In Russ.). DOI: 10.18821/0044-197X-2017-61-6-300-308
- Glezer M. Stable coronary heart disease: diagnosis and treatment. *Vrach.* 2018;29(12):37–41 (In Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2018-12-09
- Drapkina O.M., Samorodskaya I.V. Trends in regional mortality rates from heart diseases in Russia in 2019–2021. *Profilakticheskaya Meditsina.* 2022;25(12):64–70 (In Russ.). DOI: 10.17116/profmed20222512164
- Muradov A.G., Efendiev V.U., Andin A.V., Drobot D.B., Demidov D.P., Sakovich V.A. The history of coronary surgery development. *Siberian Medical Review.* 2021;3:15–25 (In Russ.). DOI: 10.20333/25000136-2021-3-15-25
- Mick S., Keshavamurthy S., Bonatti J. Current status of minimally invasive, robotic and hybrid coronary artery bypass surgery. In: Taggart D., Abu-Omar Y. (eds) *Core concepts in cardiac surgery.* Oxford: Oxford Academic; 2018. P. 53–72. DOI: 10.1093/med/9780198735465.003.0003
- Yanagawa B., Puskas J.D. State-of-the-art surgical coronary revascularization: Multiple arterial conduits, minimal aortic manipulation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;150(1):259–61. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.02.030
- Sedov V.M., Nemkov A.S. Vasilii Ivanovich Kolesov: pioneer of coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45(2):220–4. DOI: 10.1093/ejcts/ezt605
- Chitwood W.R. Jr. Historical evolution of robot-assisted cardiac surgery: a 25-year journey. *Ann Cardiothorac Surg.* 2022;11(6):564–82. DOI: 10.21037/acs-2022-rmvs-26
- Ashrafian H., Clancy O., Grover V., Darzi A. The evolution of robotic surgery: surgical and anaesthetic aspects. *Br J Anaesth.* 2017;119(suppl\_1):i72–i84. DOI: 10.1093/bja/aex383
- Bhatt H.V., Schuessler M.E., Torregrossa G., Fitzgerald M.M., Evans A.S., Narasimhan S., et al. Robotic cardiac surgery part ii: anesthetic considerations for robotic coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(9):2484–91. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.11.005
- Sepehrpour A.H., Garas G., Athanasiou T., Casula R. Robotics in cardiac surgery. *Ann R Coll Surg Engl.* 2018;100(Suppl 7):22–33. DOI: 10.1308/rcsann.supp.2.22
- Wang G., Gao C. Robotic cardiac surgery: an anaesthetic challenge. *Postgrad Med J.* 2014;90(1066):467–74. DOI: 10.1136/postgrad-medj-2013-132326
- Ren Y., Zhu X., Yan H., Chen L., Mao Q. Cardiorespiratory impact of intrathoracic pressure overshoot during artificial carbon dioxide pneumothorax: a randomized controlled study. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):76. DOI: 10.1186/s12871-022-01621-9
- Rezk M.E., Elgazzar M.A., Abo Youssef S.M., Emeraa A.S., Elkafoury A.E., Moussa H.H. Open versus closed pleura internal mammary artery harvesting and early pulmonary function after coronary artery bypass grafting. *Heart Lung Circ.* 2020;29(9):1412–7. DOI: 10.1016/j.hlc.2019.09.014
- Kapur A., Kapur V. Robotic surgery: anaesthesiologist's contemplation. *Malays J Med Sci.* 2020;27(3):143–9. DOI: 10.21315/mjms2020.27.3.15
- Kim K.N., Kim D.W., Jeong M.A., Sin Y.H., Lee S.K. Comparison of pressure-controlled ventilation with volume-controlled ventilation during one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2016;16(1):72. DOI: 10.1186/s12871-016-0238-6
- Mittnacht A.C., London M.J., Puskas J.D., Kaplan J.A. Anesthesia for myocardial revascularization. In: Kaplan J.A. (ed). *Kaplan's essentials of cardiac anesthesia.* Elsevier; 2018. P. 322–51. DOI: 10.1016/B978-0-323-49798-5.00014-0