

УДК 616.381-089-072.1:[617-7:681.5]

DOI: 10.34215/1609-1175-2023-1-11-18



Анестезиологические аспекты робот-ассистированных оперативных вмешательств

Р.Р. Богданов¹, А.Ф. Нуриманшин¹, А.А. Хусаенова¹, А.Р. Хасанов²¹ Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Уфа, Россия² Городская клиническая больница №21, г. Уфа, Россия

Внедрение новых методов робот-ассистированных и лапароскопических оперативных вмешательств позволяет расширить показания к операциям, а с другой – породило ряд специфических проблем, связанных с техническими особенностями малоинвазивного лечения. Последнее заставляет по-новому рассмотреть влияние хирургической агрессии на пациента. Детального анализа требует влияние пневмоперитонеума и положения пациента на венозный возврат, изменения регионального кровотока и сопутствующие сдвиги некоторых гомеокинетических систем. В обзоре описаны особенности анестезиологического обеспечения робот-ассистированных оперативных вмешательств. Антифизиологическое положение на операционном столе, напряженный карбоксиперитонеум и карбокситоракс оказывают влияние на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, функцию почек, печени, кишечника, систему свертывания крови, иммунную систему и механизмы терморегуляции, особенно у пациентов с сопутствующими заболеваниями, а время операции и анестезии требует от врача кроме знаний патофизиологии умение прогнозировать ход событий и принимать действия, направленные на предотвращение развития осложнений. Робот-ассистированные оперативные вмешательства, несмотря на малотравматичность, обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать во время подготовки пациента к операции, выбора способа оперативного вмешательства и ведения в периоперационном периоде.

Ключевые слова: лапароскопия, робот-ассистированная хирургия, карбоксиперитонеум, карбокситоракс, положение пациента

Получена в редакцию: 16.01.23. Получена после доработки: 20.01.23, 21.01.23. Принята к публикации: 14.03.23

Для цитирования: Богданов Р.Р., Нуриманшин А.Ф., Хусаенова А.А., Хасанов А.Р. Анестезиологические аспекты робот-ассистированных оперативных вмешательств. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2023;1:11–18. doi: 10.34215/1609-1175-2023-1-11-18

Для корреспонденции: Нуриманшин Алмаз Флюсович – врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации Клиники БГМУ (450083, Уфа, ул. Шафиева, 2); ORCID: 0000-0003-0481-5023; e-mail: almaz.nurimanshin@mail.ru

Anesthetic aspects of robot-assisted surgery (a review)

R.R. Bogdanov¹, A.F. Nurimanshin¹, A.A. Husaenova¹, A.R. Khasanov²¹ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia; ² City Clinical Hospital No. 21, Ufa, Russia

The introduction of modern robot-assisted and laparoscopic methods of surgical interventions have extended the range of surgical indications, at the same time as raising a number of specific problems related to the technical features of minimally invasive treatment. This fact makes us consider the effect of surgical aggression on the patient from a new perspective. In particular, the influence of pneumoperitoneum and the patient's position on venous return, regional blood flow changes, and concomitant shifts of some homeokinetic systems require elucidation. This article reviews the available literature to describe the main features of anesthesia during robot-assisted surgical interventions. Recommendations from systematic reviews and meta-analyses were used. The search depth comprised the period of 12 years (2011–2022). Such factors as antiphysiological position on the operating table, tense carboxyperitoneum, and carboxythora affect almost all organs and many regulatory mechanisms, thus having a pathological effect on the cardiovascular and respiratory systems, kidney, liver, intestines, blood coagulation system, immune system, and thermoregulation mechanisms. These effects are particularly pronounced in patients with concomitant diseases. In addition to knowledge in the field of pathophysiology, surgeons should be capable of predicting the course of events to take actions aimed at preventing the development of complications. Robot-assisted surgical interventions, although being less traumatic, are characterized by specific features that should be taken into account when preparing a patient to undergo surgery, selecting an optimal method of surgical intervention, and managing the patient in the intra- and postoperative period with rehabilitation.

Keywords: laparoscopy, robot-assisted surgery, carboxyperitoneum, carboxythora, patient position

Received 16 January 2023. Revised 20, 21 January 2023. Accepted 14 March 2023

For citation: Bogdanov R.R., Nurimanshin A.F., Husaenova A.A., Khasanov A.R. Anesthetic aspects of robot-assisted surgery (a review). *Pacific Medical Journal*. 2023;1:11–18. doi: 10.34215/1609-1175-2023-1-11-18

Corresponding author: Almaz F. Nurimanshin, anesthesiologist of Department of Anesthesiology and Intensive Care, Clinic of BSMU (2 Shafieva str., Ufa, 450083, Russia); ORCID: 0000-0003-0481-5023; e-mail: almaz.nurimanshin@mail.ru

Качество и эффективность медицинской помощи хирургического профиля определяют новые методы диагностики, хирургической тактики, анестезиологического обеспечения и усиление роли реабилитации

в комплексном лечении пациентов [1–3]. С появлением эндоскопической хирургии выявлены неоспоримые положительные стороны малоинвазивных методов лечения [4, 5]. Основной проблемой в анестезиологии и реаниматологии во время данных оперативных вмешательств является коррекция изменений гомеостаза, возникающих с наложением карбоксиперитонеума (КП), карбокситоракса (КТ), изменением интраоперационного положения пациента. КП и положение пациента вызывают гемодинамические изменения: снижаются сердечный выброс и ударный объем, повышается общее периферическое сосудистое сопротивление [6, 7]. Вследствие КТ увеличивается давление в дыхательных путях, содержание углекислого газа (CO_2) в конце выдоха, а также возрастание парциального давления CO_2 артериальной крови. Все эти изменения способствуют созданию высокой нагрузки на адаптационные системы организма [6, 7, 8].

Лапароскопические оперативные вмешательства прочно вошли в клиническую практику и активно продолжают развиваться. Так, лапароскопическая холецистэктомия считается предпочтительной для лечения неосложненного холецистита [9]. Довольно продолжительное время выполняют иссечение паховой грыжи с пластикой лапароскопическим методом. Частота рецидивов после таких операций составляет всего 1,1–2,0%. С помощью лапароскопической хирургии можно также оперировать любые формы острого аппендицита [10]. Одним из этапов развития лапароскопии является робот-ассистированная хирургия (РАХ) [11]. Робот-ассистированные оперативные вмешательства (РАОВ) получили широкое распространение и прочно вошли в практику стационаров с возможностью дальнейшего развития и внедрения в различные области хирургии [12, 13].

Преимущества РАОВ заключаются в минимальной травматизации при выполнении радикальных операций, снижении времени стационарного лечения и реабилитации пациента, формировании минимальных косметических дефектов после операции. Методы РАХ активно применяются в урологии, онкологии, проктологии, торакальной и абдоминальной, сердечно-сосудистой хирургии, гинекологии [14, 15].

Нефизиологическое положение пациента во время РАОВ, КП и КТ меняют компенсаторные и адаптивные процессы. Отмечается, в частности, негативное воздействие на дыхательную и сердечно-сосудистую системы, желудочно-кишечный тракт, гомеостаз, иммунологический статус и терморегуляцию [16–19].

В настоящей работе проведен анализ состояния функциональных систем организма и специфики анестезиологического обеспечения при проведении РАОВ.

Основные технические аспекты и методы анестезиологического обеспечения РАОВ

В абдоминальной хирургии РАОВ используют для восстановления кишечной непрерывности, удаления опухолей, гемиколэктомии; в онкоуроло-

гии – для резекции почки, нефрэктомии, простатэктомии, цистэктомии, эвисцерации; в гинекологии – для экстирпации и ампутации матки, миомэктомии; в торакальной хирургии – для фундопликации, лобэктомии, декортикации, тиреоидэктомии и тимэктомии; в лор-операциях – для радикальной тонзиллэктомии, резекции основания языка, надгортанной ларингэктомии; в кардио- и сосудистой хирургии – для аортокоронарного шунтирования, маммарокоронарного шунтирования, хирургии митрального и аортального клапанов, хирургии аритмий, аортобедренного шунтирования и протезирования.

Любое успешное хирургическое оперативное вмешательство складывается из основных компонентов: техническое выполнение, предоперационная подготовка и послеоперационное ведение пациента, адекватное анестезиологическое пособие, немаловажной является командная работа хирургической и анестезиологической бригад. Важным на этапе освоения техники и методики РАОВ является значительное удлинение времени выполнения операций. Поэтому в первое время необходимо проводить отбор пациентов с I–II степенью риска по классификации Американского общества анестезиологов (ASA). После того как уровень владения техникой роботической хирургии будет повышаться, длительность операций снизится до 1,5–2,5 часа, что даст возможность расширить критерии отбора пациентов с более высоким риском (ASA III). Также необходимо отметить, что по длительности РАОВ выполняют в любом случае дольше в сравнении с традиционными открытыми вмешательствами, что может стать причиной «тяжелых» отклонений гомеостаза [4, 19, 20, 21].

Одним из главных критериев успешности всего оперативного вмешательства является положение пациента во время операции, обеспечивающее правильный доступ и правильную ориентацию инструментов. В зависимости от типа операции роботизированная хирургия может потребовать хирургического позиционирования, которое является относительно экстремальным с применением большего угла отклонения операционного стола, чем при других традиционных или лапароскопических операциях. Это положение увеличивает риск соскальзывания пациентов с операционного стола, что делает неизбежным использование средств фиксации [19]. Другой проблемой РАОВ являются пространственные ограничения, связанные с размещением громоздкого оборудования. Они требуют правильного расположения анестезиологической аппаратуры, а также разработки и обучения хирургической бригады для быстрого отсоединения роботизированной системы в экстренных жизнеугрожающих пациенту ситуациях [16, 19].

Считается, что при РАОВ выбор комбинированной анестезии с интубацией трахеи является оптимальным. Только так возможно поддерживать оптимальные показатели гемодинамики, биомеханики дыхания, контролировать оксигенацию, устранить риск интраоперационной регургитации с последующей аспирацией,

добиться необходимого уровня миорелаксации и нейровегетативной защиты, чтобы создать приемлемые условия для хирургических манипуляций [13].

Анестезиологическое обеспечение при РАОВ мало отличается от пособия при классических оперативных вмешательствах. В качестве препаратов выбора для ингаляционной анестезии являются севофлуран или десфлуран, так как они более управляемы за счет быстрой элиминации после окончания подачи газа, что способствует быстрому пробуждению с минимизацией побочных эффектов [21]. Безопасность и эффективность севофлурана подтверждена при одновременном применении с различными лекарственными средствами, которые часто используются в хирургической практике. К ним также относятся препараты, влияющие на функции центральной и вегетативной нервной системы, миорелаксанты, антибиотики, гормоны, включая эпинефрин, и препараты крови и кровезаменители [22].

В литературе отдельно отмечается метод тотальной внутривенной анестезии (ТВВА) с использованием комбинации «пропофол + фентанил», что вызывает уменьшение частоты послеоперационной тошноты и рвоты (ПОТР) по сравнению с ингаляционной анестезией [23]. Используются также сочетанные виды анестезии с применением регионарных методик, при которых отмечается более быстрое восстановление и ранняя активизация пациентов, уменьшение необходимости использования опиоидных анальгетиков и снижение частоты ПОТР.

Существует ряд исследований, описывающих достижение необходимого блока чувствительности с помощью так называемого ESP блока (Erector Spinae Plane block). Эта методика применяется с 2016 года для лечения некупируемой нейропатической боли (первый случай – вследствие поражения ребер метастазами, а второй – при множественных переломах ребер). Имеются данные о 10 случаях, когда данный метод применялся при торакаскопических операциях с использованием видеоассистированных технологий [24]. Это безопасный и относительно простой метод, суть которого заключается во введении анестетика за мышцу, выпрямляющую позвоночник. В этом случае блокируется больше кожное распространение чувствительности, чем при паравертебральной блокаде. С целью послеоперационного обезболивания возможна установка катетера для продленной ESP-аналгезии [25].

Особое значение при РАОВ имеет адекватная миорелаксация. Недостаточная релаксация затрудняет выполнение хирургических манипуляций в брюшной полости, что приводит к ухудшению видимости и к удлинению продолжительности операции, увеличивает давление в брюшной полости и усугубляет нежелательные эффекты КП. Согласно современной стратегии быстрой и ранней реабилитации пациентов (Fast-track хирургия) в научных источниках описано широкое применение миорелаксантов средней продолжительности действия до 20–50 мин (эсмерон, нимбекс) [21].

Во многих клиниках при ТВВА с ИВЛ миорелаксацию поддерживают болюсным ведением рокурония бромида в пределах 0,3–0,6 мг/кг/ч, а в случае применения ингаляционной анестезии на основе севофлурана – в дозе 0,3–0,4 мг/кг/ч.

Анестезиологическое обеспечение должно происходить по принципу мультимодальной аналгезии, то есть комбинации наркотического анальгетика (в частности, фентанил) с нестероидными противовоспалительными препаратами и внутривенным введением парацетамола. Это сочетание потенцирует эффект аналгезии и показывает наилучшую эффективность во время премедикации и в конце оперативного вмешательства.

Большую роль играет проведение нейровегетативной блокады как компонента, направленного на предупреждение чрезмерных нейроэндокринных и вегетативных реакций на комплекс стрессорных операционных факторов: боль, кровопотеря, перераспределение массы крови, спазм сосудов и снижение температуры тела. Основным средством профилактики чрезмерных патологических реакций на указанные раздражители (при условии устранения дефицита объема циркулирующей крови и нарушений газообмена) являются выключение сознания и достаточная гипорефлексия [24].

Совершенствование торакаскопических технологий привело к развитию новых направлений РАХ: робот-ассистированная торакальная и робот-ассистированная кардиохирургия, которые поставили новые задачи перед анестезиологами. К ним относятся коррекция изменений гомеостаза, связанных с длительным временем операций, однологочной вентиляцией и наложением карбокситорака при наличии ишемической болезни сердца, а также особенности подключения искусственного кровообращения. Для создания условий операции на органах грудной полости используется однологочная вентиляция. С этой целью применяют бронхоблокаторы и двухпросветные интубационные трубки типа Карленса, Робертшоу, Bronco-Cath, Мэрфи и реже – трубки Уайта [26].

Интраоперационный мониторинг пациента во время РАОВ не имеет существенных особенностей. Требуется неукоснительное выполнение рекомендации так называемого Гарвардского стандарта мониторинга при анестезии, который предусматривает следующее: мониторинг функций сердечно-сосудистой системы (неинвазивное АД, ЧСС, пульсоксиметрия и ЭКГ), параметры дыхания (ЧД, МОД, Ppeak, капнография), контроль газообмена и кислотно-основного состояния [4].

В зависимости от специфики лапароскопических операций имеет большое значение контроль внутрибрюшного давления (ВБД), скорости нагнетания и удаления инсуффлируемого газа, аэродинамического сопротивления дыхательных путей, регистрации петель поток-давление, поток-объем и кривых давление/поток/объем-время [27].

Установка катетеров в просвет артерий (лучевая, плечевая, бедренная) с целью мониторинга

инвазивного артериального давления должна быть прерогативой «больших» сосудистых и кардиохирургических вмешательств. Учитывая инвазивность метода, увеличивается риск развития неблагоприятных последствий, поэтому рутинное использование при других РАОВ считается неоправданным [28].

Изменение центральной гемодинамики и органного кровотока при РАОВ

Основными моментами для анестезиолога-реаниматолога во время РАОВ являются нефизиологическое положение пациента во время операции, напряженный КП [6, 7, 20]. Основными механизмами воздействия КП на сердечно-сосудистую систему является непосредственное сдавление кровеносных сосудов брюшной полости (компрессия нижней полой вены вызывает снижение возврата венозной крови в правый желудочек); повышенное ВБД оказывает стимулирующее влияние на симпатическую нервную систему, что может вызвать повышение АД; каскад процессов, запускающий абсорбцию CO_2 из брюшной полости [9, 17, 20]. На фоне этих механизмов клиническая картина зависит от исходного соматического состояния, возможности компенсаторного регулирования, продолжительности КП, значения ВБД.

При робот-ассистированных кардиохирургических и торакальных оперативных вмешательствах КП приводит к увеличению давления в дыхательных путях и увеличению поглощения CO_2 , что обуславливает рост значений PaCO_2 (парциальное давление углекислого газа) и PetCO_2 (давление углекислого газа в конце выдоха). Сатурация может оставаться на прежних значениях. Использование ПДКВ (положительное давление в конце выдоха) в значительной степени исправляет эти респираторные изменения [28]. Выполнено исследование, доказывающее, что сдавление нижней полой и подвздошных вен увеличивает уровень давления в венозной системе нижних конечности до 80% при уровне ВБД, равной 14 мм рт. ст. Измерение кровотока в нижней полой вене методом электронной флоуметрии определило уменьшение кровотока до 30% от исходных значений. Эти изменения имеют прямую зависимость от уровня ВБД. Венозный возврат при этом может снижаться до 20% [29]. В положении Тренделенбурга можно отметить увеличение венозного возврата, ограничение экскурсии диафрагмы, а при положении Фовлера венозный возврат будет только уменьшаться [18, 30].

Необходимо отметить, что при оперативных вмешательствах, когда необходимо применение валика (под нижний отдел грудной клетки), наблюдаются небольшие гемодинамические сдвиги по сравнению с исходными показателями. При этом достоверно значительно снижались ударный объем и сердечный индекс, а общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) повышалось. В меньшей степени повышалось диастолическое АД, а остальные параметры существенно не изменялись. После удаления валика

в конце операции показатели гемодинамики приходят в норму [7, 9, 31].

Изменения в артериальной сосудистой сети характеризуются ростом системного сосудистого сопротивления до 50%, что в итоге повышает показатели АД. Существует несколько теорий механизма увеличения ОПСС. Во-первых, это явление может возникать в ответ на механическую компрессию артерий в брюшной полости или на стимуляцию ренин-ангиотензиновой системы в результате резкого уменьшения кровообращения в почках [32]. В других случаях ОПСС увеличивается рефлекторно на фоне сниженного венозного возврата и сердечного выброса. Не исключается и прямое раздражение CO_2 на париетальную брюшину [18].

Не последнюю роль в гемодинамических изменениях играют поструральные реакции при создании оптимальных условий для работы хирургов – это приподнятый ножной конец под углом 45° (Тренделенбург), например в гинекологии, онкоурологии, и приподнятый головной конец под $45-60^\circ$ (положение Фовлера) при торакальных оперативных вмешательствах.

Относительно изменения органного кровотока имеется достаточно публикаций о влиянии КП на функционирование желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и мочевыделительной системы. Опубликованы работы с результатами экспериментов о влиянии высоких показателей ВБД (до 20 мм рт. ст.) на почечный кровоток и скорости фильтрации в канальцах почек [29, 32].

При повышении ВБД до 20 мм рт. ст. кровообращение в почках снижалось на 80% от исходных значений, в то же время сердечный выброс – на 21%. При увеличении ВБД до 40 мм рт. ст. фильтрующая способность почечных канальцев снижалась до 6–7% от исходных значений и даже спустя 30 мин после десуффляции не восстанавливалась до нормальных значений. Стоит отметить, что в практической медицине КП до указанных предельных цифр ВБД не применяется. Но обычный рабочий уровень ВБД, тем более при оперативных вмешательствах более 2 часов, может отрицательно влиять на почечную экскрецию. При изучении перфузии тканей почек с использованием доплеровской флоуметрии (ВБД = 15 мм рт. ст.) отмечается ее снижение с 50 до 20 мл/мин/100 г [32]. При ВБД до 15 мм рт. ст. клинически значимых отклонений не отмечалось, после возвращения ВБД до физиологических значений функционирование почек нормализовалось в кратчайшие сроки даже у пациентов с исходной скомпрометированной патологией со стороны мочевыделительной системы [14].

Высокий уровень ВБД может вызвать снижение печеночного кровотока посредством влияния на венозную и артериальную сосудистую сеть. Это явление отрицательно влияет на функции ЖКТ, поджелудочной железы и селезенки посредством снижения кровообращения в мезентериальных сосудах. Увеличение парциального давления CO_2 на фоне адсорбции из париетальной брюшины и аккумуляции в сосудах брыжейки обладает угнетающим действием на печеночной

кровоток. Вышеописанные последствия КП отмечают уже при ВБД от 8 мм рт. ст., и при увеличении ВБД неминуемо повышаются риски развития нежелательных эффектов. Предиктором нарушения кровоснабжения в печени и тяжести нарушения функции считается повышение показателей алкогольдегидрогеназы и глутатионтрансферазы [33].

Изменения со стороны системы дыхания при робот-ассистированных оперативных вмешательствах

При РАОВ основными факторами, влияющими на дыхательную функцию, являются уровень ВБД, продолжительность КП, КТ [6, 7, 9]. Высокий показатель ВБД ограничивает экскурсию диафрагмы, уменьшая при этом объем грудной полости и снижая дыхательный объем, следовательно, повышается давление в дыхательных путях [4, 6].

Увеличение внутригрудного давления ограничивает диафрагму в своей подвижности, уменьшает эластичность легких, может привести к гиповентиляции и увеличению CO_2 , создающих риски развития дыхательного ацидоза. Знание этих особенностей позволяет современной анестезиологии применять соответствующие меры профилактики ателектазирования и снижения функционального объема легких (ФОВ). Ряд авторов указывает на целесообразность применения инверсии фаз дыхательного цикла для предотвращения снижения ФОВ и оксигенации крови, особенно в случае рестриктивного синдрома у пациентов с ожирением, когда применение ПДКВ ограничено из-за критичного влияния на гемодинамику. Эти изменения усиливает положение Тренделенбурга, которое может привести к повышению значений Ppeak (> 40 см вод. ст.). Указанные изменения можно до определенного момента корректировать настройкой режимов и параметров ИВЛ [7, 26]. Так, в положении Фовлера целесообразно увеличить дыхательный объем на 15–20%, время вдоха и FiO_2 ; в положении Тренделенбурга, наоборот, необходимо уменьшить дыхательный объем, увеличить частоту дыхания и FiO_2 . Своевременный подбор режимов вентиляции при КП снижает риск развития ятрогенной волюмо- и баротравмы [17].

Изменение температурного гомеостаза и факторов гемокоагуляции при РАОВ

В интраоперационном периоде термогенез нарушается вследствие снижения метаболизма и усиления физических процессов потери тепла: неправильное соблюдение температурного режима в операционной, отсутствие на дыхательно-наркозных аппаратах увлажнителей с обогревателями газовой смеси, внутривенное введение и обработка операционного поля растворами комнатной температуры. Экспериментально доказано, что изменение температуры тела уже на один и более градусов ведет к осложнениям от гипотермии. Не последнюю роль играет интраабдоминальное введение холодного неувлажненного CO_2 , так называемая

лапароскопическая гипотермия. Увеличивается потеря тепла также непосредственно из брюшины и раневой поверхности [34].

Патофизиологические эффекты интраоперационной гипотермии включают нарастание нагрузки на сердце и увеличение потребления кислорода, ишемию миокарда, подавление иммунных реакций и угнетение свертывающей системы за счет нарушения функции тромбоцитов, усиление фибринолиза, риска послеоперационного кровотечения и воспалительных осложнений [35]. Снижение температуры тела приводит к централизации кровотока, вызывая спазм периферических сосудов, что, в конечном счете, может вызвать гипоксию тканей, нарушение клеточных мембран, повреждение эритроцитов, тромбоцитов и лейкоцитов [36].

При гипотермии значительно снижается устойчивость организма к инфекциям на фоне нарушения продукции антител и факторов неспецифической защиты, что провоцирует развитие бактериальной флоры и тормозит заживление ран [37].

Важно отметить, что при гипотермии длительное время ранней послеоперационной реабилитации, который часто сопровождается мышечной дрожью. У таких пациентов сильнее выражен болевой синдром в раннем послеоперационном периоде. Периоперационная гипотермия может увеличивать сроки госпитализации [35].

К профилактическим мероприятиям по поддержанию температурного гомеостаза относится строгое соблюдение правил регуляции микроклимата в операционной, обкладывание открытых участков тела пациента операционным бельем, использование только теплых (согретых до 37°C) растворов для инфузионной терапии и растворов, применяемых для обработки кожи, применение специальных «одеял» с возможностью терморегулирования, увлажнение и согревание дыхательной смеси в контуре наркозного аппарата [35].

Циркуляторные и гемокоагуляционные изменения непосредственно связаны с увеличением ВБД, физическим сдавлением нижней полой вены и дефицитом венозного возврата от нижних конечностей. В экспериментальных работах показано, что КП снижает на 35% ток крови на уровне бедренной вены, а при повышении КП до 14 мм рт. ст. – уже на 80% [17]. Застой в венозной системе ведет к флэбэктазии, гиперкоагуляции и риску тромбообразования [38, 39].

Ранняя гиперкоагуляция отмечается у большинства пациентов после РАОВ по поводу простатэктомии, что также наблюдается при проведении операции классическим открытым способом [40]. В среднем у пациентов старше 50 лет послеоперационный венозный тромбоз нижних конечностей встречается в 15% случаев. У 5% обследованных тромбоз развивается выше колена. В 1,6% случаев это осложнение может привести к нелетальной тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА), а в 0,65% случаев – к летальному исходу. Статистический анализ по частоте развития ТЭЛА

во время или после РАОВ не проводился. Однако известно, что при холецистэктомии лапароскопическим способом у 12 397 пациентов происходит 10 летальных исходов, среди которых 3 случая – от ТЭЛА [37].

Для антикоагулянтной профилактики гепарином необходимо определять количество тромбоцитов в динамике: в начале терапии, через 7 дней и через 2 недели после начала терапии. Тромбоцитопении ниже $50 \times 10^9/\text{л}$ является противопоказанием для использования гепаринов (нефракционированного, низкомолекулярных). Если уровень тромбоцитов снизится после начала гепаринопрофилактики в два раза, то гепарин следует отменить, так как резко возрастает риск образования тромбоза – так называемая гепарин-индуцированная тромбоцитопения 2-го типа.

Пациентам, перенесшим ТЭЛА, необходимо получать антикоагулянтную терапию в течение не менее трех месяцев. Переход на пероральные антикоагулянты может уменьшить риск повторных тромбозов на $\leq 90\%$, однако вместе с этим увеличивается и возможный риск кровотечений. Поэтому летальность из-за повторных тромбозов в два раза выше у пациентов с ТЭЛА по сравнению с пациентами после тромбозов вен нижних конечностей [40].

Активизация и реабилитация пациентов после роботических операций

Эффективная активизация и начало реабилитации являются залогом успешного послеоперационного восстановления пациентов и возвращения их к обычной жизни. Зачастую в раннем послеоперационном периоде мероприятия лечебной физкультуры и упражнений по реабилитации приостанавливаются по нескольким причинам. Это могут быть болевой синдром при адекватной контролируемой анальгезии и наличие катетеров, канюль, дренажей у оперированных пациентов.

Ранняя мобилизация пациента ограничивает развитие осложнений, в первую очередь со стороны дыхательной системы, ЖКТ, и обменных процессов в качестве профилактики инсулинорезистентности. Существует множество разных многоступенчатых программ и протоколов по ранней активизации пациента. Порядок организации реабилитации пациентов после оперативных вмешательств представлен в Приказе Министерства здравоохранения РФ от 31 июля 2020 г. № 788н «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых» [41].

Предоперационное и послеоперационное голодание с целью профилактики пареза кишечника при неабдоминальных операциях должно сводиться к минимуму. Согласно клиническим рекомендациям Федерации анестезиологов России до операции рекомендовано прекратить прием твердой пищи за 6–8 часов, употребление непрозрачных жидкостей за 4 часа, чистая вода эвакуируется из желудка в течение 2 часов. Энтеральный прием пищи необходимо начать в течение 24 часов после оперативного вмешательства с целью раннего восстановления функции кишечника.

ПОТР является одной из частых нежелательных реакций после анестезии, которая может увеличить и продолжительность стационарного лечения. В целях профилактики ПОТР в практике часто отмечают тенденцию отказа (по возможности) от опиоидных обезболивающих в пользу мультимодальной анальгезии, а также применение продленных регионарных методов анальгезии. Из препаратов для лекарственной профилактики ПОТР применяют дексаметазон с доказанным противорвотным действием, но сахарный диабет является относительным противопоказанием. Из группы антагонистов 5НТЗ наиболее эффективным считается ондансетрон.

Относительно новым классом антиэметиков являются антагонисты рецепторов NK-1 (апрепитант, касопитант). Одним из наиболее эффективных методов профилактики ПОТР считается тотальная внутривенная анестезия (ТВВА) на основе пропофола, которая намного уменьшает риск ПОТР по сравнению с ингаляционной анестезией с применением галогенсодержащих анестетиков. Некоторые авторы рекомендуют ТВВА на основе пропофола с фентанилом как анестезию выбора для пациентов с высоким риском ПОТР. В то же время механизм антиэметического действия пропофола до конца не ясен [42].

Необходимо учитывать, что стоимость функциональной реабилитации редко берется в расчет при оценке экономической эффективности роботической хирургии, что заставляет пересмотреть финансовый критерий для выбора хирургического доступа с учетом возраста пациентов [11].

Таким образом, применение РАОВ, несмотря на их малотравматичность, обладает рядом особенностей, которые необходимо учитывать при подготовке пациента к операции, выбора способа оперативного вмешательства, ведения в интра- и послеоперационном периоде с реабилитацией. Внедрение малоинвазивных технологий требует от анестезиолога-реаниматолога не только знаний о патофизиологических факторах, которые влияют на гомеостаз, но также умения прогнозировать развитие осложнений и определять способ их эффективной коррекции.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования – БРР, НАФ

Сбор и обработка материала – ХАР, НАФ

Написание текста – ХАА, ХАР

Редактирование – БРР, НАФ

Литература / References

1. Тимербулатов В.М., Федоров С.В., Тимербулатов Ш.В., Тимербулатов М.В., Гафарова А.Р. Медицинские и экономические последствия хирургических осложнений.

- Медицинский вестник Башкортостана. 2019;14(5):72–80. [Timerbulatov VM, Fedorov SV, Timerbulatov ShV, Timerbulatov MV, Gafarova AR. Medical and economic consequences of surgical complications. *Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2019;14(5):72–80 (In Russ.)].
2. Панин С.И., Бебуришвили А.Г., Прудков М.И., Тимербулатов В.М. Лапаротомные и лапароскопические ассистированные операции из мини-доступа в лечении прободной язвы. *Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова* 2021;(2):94–100. [Panin SI, Beburishvili AG, Prudkov MI, Timerbulatov VM. Laparotomic and laparoscopic assisted mini-access operations in the treatment of perforated ulcers. *Surgery. Journal named after N.I. Pirogov* 2021;(2): 94–100 (In Russ.)]. doi: 10.17116/hirurgia202102194
 3. Тимербулатов М.В., Тимербулатов Ш.В., Низамутдинов Т.Р., Тимербулатов В.М. Контрольный список ВОЗ предупреждения хирургических осложнений: сравнительный анализ двух клиник. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2021;14(1):33–41. [WHO checklist for the prevention of surgical complications: a comparative analysis of two clinics. Timerbulatov MV, Timerbulatov ShV, Nizamutdinov TR, Timerbulatov VM. *Bulletin of Experimental and Clinical Surgery*. 2021;14(1):33–41 (In Russ.)]. doi: 10.18499/2070-478X-2021-14-1-33-41
 4. Sohn K.S., Kim J.H. Anesthetic management for laparoscopic surgery and robotic surgery. *J Korean Med. Assoc.* 2012;55(7):641. doi: 10.5124/jkma.2012.55.7.641
 5. Заболотских И.Б., Трэмбач Н.В. Пациенты высокого периоперационного риска: два подхода к стратификации. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2019;4:34. [Zabolotskikh IB, Trembach NV. Patients at high perioperative risk: two approaches to stratification. *Bulletin of Intensive Care*. A.I. Saltanov. 2019;4:34 (In Russ.)]. doi: 10.21320/1818-474X-2019-4-34-46
 6. Maracaj-Neto LF, Verzosa N, Roncally AC, Giannella A, Bozza FA, Lessa MA. Beneficial effects of high positive end-expiratory pressure in lung respiratory mechanics during laparoscopic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2009;53:210–7. doi: 10.1111/j.1399-6576.2008.01826.x
 7. Gutt CN, Oniu T, Mehrabi A, Schemmer P, Kashfi A, Kraus T. Circulatory and respiratory complications of carbon dioxide insufflation. *Dig Surg.* 2004;21(2):95–105. doi: 10.1159/000077038
 8. Applegate RL II, Dorotta IL, Wells B, Juma D, Applegate PM. The relationship between oxygen reserve index and arterial partial pressure of oxygen during surgery. *Anesth Analg.* 2016;123(3):626–33. doi: 10.1213/A NE.0000000000001262
 9. Goodale RL, Beebe DS, McNevin MP, Michael Boyle, Janis GL, Jerome HA, Frank BC. Hemodynamic, respiratory, and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg.* 2016;166(5):533–7. doi: 10.1016/s0002-9610(05)81148-1
 10. Тимербулатов В.М., Тимербулатов Ш.В., Алиев Э.З., Нурғалиев А.А. Диагностика острого аппендицита на современном этапе: видеолапароскопия. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2019;14(3):72–7. [Timerbulatov VM, Timerbulatov ShV, Aliev EZ, Nurgaliev AA. Diagnosis of acute appendicitis at the present stage: Video laparoscopy. *Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2019;14(3):72–7 (In Russ.)].
 11. Зайкина Г.А. Роботизированные системы в медицине: каким им быть? *Вестник Российской академии наук*. 2018;88(9):785–92. [Zaykina GA. Robotic systems in medicine: what should they be? *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2018;88(9):785–92 (In Russ.)]. doi: 10.31857/S086958730001691-8
 12. Fuji Lai, Deon Louw Surg Innov. Surgical robotics for patient safety in the perioperative environment: realizing the promise. *Surgical Innovation*. 2007 Jun;14(2):77–82. doi: 10.1177/1553350607303880
 13. Ashrafiyan H, Clancy O, Grover V, Darzi A. The evolution of robotic surgery: surgical and anesthetic aspects. *BJA: British Journal of Anaesthesia*. 2017;13:72–84. doi: 10.1093/bja/aex383
 14. Oksar M, Akbulut Z, Ocal H, Balbay MD, Kanbak O. Robotic Prostatectomy: The Anesthetist's View for Robotic Urological Surgeries, a Prospective Study. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*. 2014;64(5):307–13. doi: 10.1016/j.bjan.2013.10.009
 15. Lu D, Wang X, Shi G. Perioperative enhanced recovery programmes for gynaecological cancer patients. *Perioperative Medicine*. 2015;(3):30–9. doi: 10.1002/14651858.CD008239.pub4
 16. Baltayian S. A brief review: anesthesia for robotic surgery. *J Robotic Surg.* 2008;2(2):59–66. doi: 10.1007/s11701-008-0088-4
 17. Лутфаррахманов И.И., Сырчин Е.Ю., Галеев И.Р., Миронов П.И., Павлов В.Н. Изменения центральной гемодинамики при робот-ассистированной радикальной простатэктомии в зависимости от вида анестезии. *Анестезиология и реаниматология*. 2020;6:69–76. [Lutfarakhmanov II, Syrchin EYu, Galeev IR, Mironov PI, Pavlov VN. Changes in central hemodynamics in robot-assisted radical prostatectomy depending on the type of anesthesia. *Anesthesiology and Resuscitation*. 2020;6:69–76 (In Russ.)]. doi: 10.17116/anaesthesiology202006169
 18. Mazzinari G, Diaz-Cambronero O, Alonso-Inigo JM, Garcia-Gregorio N, Ayas-Montero B, Ibanez JL, et al. Intraabdominal pressure targeted positive endexpiratory pressure during laparoscopic surgery: an open-label, nonrandomized, crossover, clinical trial. *Anesthesiology*. 2020;132(4):667–77. doi: 10.1097/ALN.0000000000003146
 19. Jeong Rim Lee. Anesthetic considerations for robotic surgery. *Korean J Anesthesiol.* 2014;66(1):3–11. doi: 10.4097/kjae.2014.66.1.3
 20. Lee DW, Kim MJ, Lee YK, Lee HN. Does intraabdominal pressure affect development of subcutaneous emphysema at gynecologic laparoscopy? *J Min Inv Gyn.* 2011;18:761–5. doi: 10.1016/j.jmig.2011.08.006
 21. Лутфаррахманов И.И., Миронов П.И., Галеев И.Р., Павлов В.Н. Влияние положения Тренделенбурга и пневмоперитонеума на сердечно-сосудистую систему при робот-ассистированной радикальной простатэктомии. *Экспериментальная и клиническая урология*, 2020(4):10–7. [Lutfarakhmanov II, Mironov PI, Galeev IR, Pavlov VN. Influence of the Trendelenburg position and pneumoperitoneum on the cardiovascular system in robot-assisted radical prostatectomy. *Experimental and Clinical Urology*, 2020(4):10–7 (In Russ.)]. doi: 10.29188/2222-8543-2020-13-4-10-17
 22. Araki R, Hayashi K, Sawa T. Dopamine D2-receptor antagonist droperidol deepens sevoflurane anesthesia. *Anesthesiology*. 2018;128(4):754–63. doi: 10.1097/ALN.0000000000002046
 23. Tomoko Ogawa, Shinju Obara, Mitsue Akino, Chie Hanayama, Hidemi Ishido, Masahiro Murakawa. The predictive performance of propofol target-controlled infusion during robotic-assisted laparoscopic prostatectomy with CO₂ pneumoperitoneum in the head-down position. *J Anesth.* 2020 Jun;34(3):397–403. doi: 10.1007/s00540-020-02765-z
 24. Базаров Д.В., Тонеев Е.А., Выжигина М.А., Никода В.В. Мультидисциплинарный подход к терапии послеоперационной боли в современной торакальной хирургии. *Российский журнал боли*. 2019;17 (2):14–9. [Bazarov DV, Toneev EA, Vyzhigina MA, Nikoda VV. Multidisciplinary approach to the treatment of postoperative pain in modern thoracic surgery. *Russian Journal of Pain*. 2019;17(2):14–9 (In Russ)] doi: 10.25731/RASP.2019.02.15
 25. Кавочкин А.А., Выжигина М.А., Кабаков Д.Г., Базаров Д.В. Анестезиологическое обеспечение торакоскопических операций на легких и органах средостения. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020;17(4):113–22. [Kavochkin AA, Vyzhigina MA, Kabakov DG, Bazarov DV. Operations on the lungs and mediastinal organs. *Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation*. 2020;17(4):113–22 (In Russ.)]. doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-113-122

26. Caso R, Kelly CH, Marshall MB. Single lumen endotracheal intubation with carbon dioxide insufflation for lung isolation in thoracic surgery. *Surg Endosc.* 2019;33(10):3287–90. doi: 10.1007/s00464-018-06614-9
27. Матвеева О.Б., Мизиков В.М. Анестезиологическое обеспечение внутрисветовых эндоскопических вмешательств. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2014;5:40–5. [Matveeva OB, Mizikov VM. Anesthetic support of intraluminal endoscopic interventions. *Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation.* 2014;5:40–5 (In Russ.)]. doi: 10.22141/2224-0586.8.95.2018.155162
28. Onur S, Burak O, Unal A, Ersin K, Zeynep K, Serdar B. Robotic-assisted cardiac surgery without lung isolation utilizing single-lumen endotracheal tube intubation. *Surg.* 2020;35(6):1267–74. doi: 10.1111/jocs.14575
29. Hashimoto S, Hashikura Y, Munakata Y, Kawasaki S, Makuuchi M, Hayashi K. Changes in cardiovascular and respiratory systems during laparoscopic cholecystectomy. *J. Laparoendosc. Surg.* 2011;3(6):535–9. doi: 10.1089/lps.1993.3.535
30. Chin JH, Lee EH, Hwang GS, Hwang JH, Choi WJ. Prediction of Fluid Responsiveness Using Dynamic Preload Indices in Patients Undergoing Robot Assisted Surgery with Pneumoperitoneum in the Trendelenburg Position. *Anaesth Intensive Care* 2013;41(4):515–22. doi: 10.1177/0310057X1304100413
31. Богданов Р.Р., Базыкина Х.Н., Галеев Ф.С., Плакс И.А. Гемодинамика, дыхание и транспорт кислорода при различных видах эндоскопических холецистэктомий. *Эндоскопическая хирургия.* 2002;3:3. [Bogdanov RR, Bazykina KhN, Galeev FS, Plaks IA. Hemodynamics, respiration and oxygen transport in various types of endoscopic cholecystectomy. *Endoscopic Surgery.* 2002;3:3 (In Russ.)].
32. Sidse H, Frank H, Peter E, Jorgen B, Jensen N, Jesper B. Hemodynamic, renal and hormonal effects of lung protective ventilation during robot-assisted radical prostatectomy, analysis of secondary outcomes from a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiology.* 2021;21:200. doi: 10.1186/s12871-021-01401-x
33. Kotake Y, Takeda J, Matsumoto M, Tagawa M, Kikuchi H. Sub-clinical hepatic dysfunction in laparoscopic cholecystectomy and laparoscopic colectomy. *Br. J. Anaesth.* 2001;87(5):774–7. doi: 10.2169/internalmedicine.46.0059
34. Mason SE, Kinross JM, Hendricks J., Arulampalam TH. Postoperative hypothermia and surgical site infection following peritoneal insufflation with warm, humidified carbon dioxide during laparoscopic colorectal surgery. *Surg. Endosc.* 2017;31:1923–9. doi: 10.1007/s00464-016-5195-0
35. Tsuchida T, Takesue Y, Ichiki K, Uede T, Nakajima K, Ikeuchi H. Influence of perioperative hypothermia on surgical site infection in prolonged gastroenterological surgery. *Surg. Infect.* 2016;17:570–6. doi: 10.1089/sur.2015.182
36. Sessler D.I. Complications and treatment of mild hypothermia. *Anesthesiology* 2016;95:531–43. doi: 10.1097/0000542-200108000-00040
37. Агеева М. В., Постнов В.Г., Князькова Л.Г., Могутова Т.А., Сидельников С.Г. Влияние умеренной гипотермии на сывороточный уровень нейронспецифических белков, кислородное обеспечение и нейрокогнитивный статус пациентов при операциях реваскуляризации миокарда. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2017;1:35–40. [Ageeva MV, Postnov VG, Knjazkova LG, Mogutnova TA, Sidelnikov SG. Influence of moderate hypothermia on the serum level of neuron-specific proteins, oxygen supply and neurocognitive status of patients during myocardial revascularization. *Pathology of Blood Circulation and Cardiac Surgery.* 2017;1:35–40 (In Russ.)]. doi: 10.1161/01.str.0000103320.90706.35
38. Kearon C, Gent M, Hirsh J, Weitz J, Kovacs J, Anderson R, Turpie G, Green D, Ginsberg S, Wells P, MacKinnon B. A comparison of three months of anticoagulation with extended anticoagulation for a first episode of idiopathic venous thromboembolism. *J. Med.* 2006;340(12):901–7. doi: 10.1056/NEJM199903253401201
39. Национальный стандарт Российской Федерации Профилактика тромбоэмболических синдромов от 01.03.2012. [National standard of the Russian Federation “Prevention of thromboembolic syndromes” from 01.03.2012 (In Russ.)].
40. Keeling D, Tait RC, Watson H. Peri-operative management of anticoagulation and antiplatelet therapy. *Br. J. Haematol.* 2016;175:602–13. doi: 10.1111/bjh.14344
41. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 31 июля 2020 г. № 788н «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых». [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of July 31, 2020 No. 788n “On Approval of the Procedure for Organization of Medical Rehabilitation of Adults” (In Russ.)].
42. Cao X, White PF, Ma H. An update on the management of postoperative nausea and vomiting. *J Anesth.* 2017;31(4):617–26. doi: 10.1007/s00540-017-2363-x