

Сравнительный анализ безопасности гипнотического компонента анестезии при робот-ассистированной радикальной простатэктомии: обзор литературы

И.И. Лутфаракманов^{id}, Н.А. Здорик^{id},
С.Т. Лазарев^{id}, И.Р. Галеев^{id}, Е.Ю. Сырчин^{id},
А.Д. Лифанова^{id}, П.И. Миронов^{id}

ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России, Уфа, Россия

Реферат

Актуальность. Робот-ассистированная лапароскопическая радикальная простатэктомия (РАЛРП) является самым эффективным вариантом лечения локализованного рака простаты. Специальные условия проведения операции (положение Тренделенбурга и пневмоперитонеум) ведут к негативным физиологическим последствиям. **Цели исследования.** Систематизировать современные данные о влиянии тотальной внутривенной анестезии (ТВВА) пропофолом или ингаляционной анестезии севофлураном или десфлураном на нежелательные периоперационные события в процессе выполнения РАЛРП у больных раком простаты. **Материалы и методы.** Обзор литературы был проведен в электронных базах данных PubMed, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science, International Standard Randomized Controlled Trial Registry и ClinicalTrials.gov с января 2001 г. по февраль 2021 г. **Результаты.** В обзор было включено 7 рандомизированных контролируемых исследований. Нежелательными периоперационными событиями были тошнота и рвота, снижение оксигенации крови в луковиче яремной вены, увеличенный диаметр оболочки зрительного нерва как суррогатный маркер высокого внутричерепного давления и высокое внутриглазное давление. **Заключение.** Мы нашли слабые свидетельства того, что ТВВА на основе пропофола может иметь преимущества в плане безопасности в сравнении с ингаляционными анестетиками при анестезиологическом обеспечении РАЛРП.

Ключевые слова: рак простаты, радикальная простатэктомия, роботическая система da Vinci S, осложнения, общая анестезия

Comparative analysis of the safety of hypnotic component of anesthesia in robot-assisted radical prostatectomy: a review

I.I. Lutfarakhmanov^{id},
N.A. Zdorik^{id}, S.T. Lazarev^{id}, I.R. Galeev^{id},
E.Yu. Syrchin^{id}, A.D. Lifanova^{id}, P.I. Mironov^{id}

Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

Abstract

Introduction. Robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy (RALRP) is the most effective treatment option for localized prostate cancer. Special conditions of the surgery (Trendelenburg position and pneumoperitoneum) lead to negative physiological consequences. **Objectives.** Systematize current data of the effect of total intravenous anesthesia (TIVA) with propofol or inhaled anesthesia with sevoflurane or desflurane on undesirable perioperative events during RALRP in patients with prostate cancer. **Materials and methods.** Search of PubMed, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science, International Standard Randomized Register of Controlled Trials, and ClinicalTrials.gov until February 2021. **Results.** The review included 7 randomized controlled trials. Undesirable perioperative events were nausea and vomiting, decreased jugular venous bulb blood oxygenation, increased optic nerve sheath diameter as a surrogate marker of high intracranial pressure, and high intraocular pressure. **Conclusions.** We found weak evidence that propofol-based TIVA may have safety advantages over inhaled anesthetics in the anesthesia provision of RALRP.

Keywords: prostate cancer, radical prostatectomy, robotic system da Vinci S, complications, general anesthesia

✉ *For correspondence:* Ildar I. Lutfarakhmanov — Dr. Med. Sci., Docent, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia; e-mail: lutfarakhmanov@yandex.ru

✉ *For citation:* Lutfarakhmanov I.I., Zdorik N.A., Lazarev S.T., Galeev I.R., Syrchin E.Yu., Lifanova A.D., Mironov P.I. Comparative analysis of the safety of hypnotic component of anesthesia in robot-assisted radical prostatectomy:

✉ Для корреспонденции: Лutfаракманов Ильдар Ильдусович — д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии с курсом ИДПО, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Россия; e-mail: lutfarakhmanov@yandex.ru

✉ Для цитирования: Лutfаракманов И.И., Здорик Н.А., Лазарев С.Т., Галеев И.Р., Сырчин Е.Ю., Лифанова А.Д., Мионов П.И. Сравнительный анализ безопасности гипнотического компонента анестезии при робот-ассистированной радикальной простатэктомии: обзор литературы. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2021;3:117-125. DOI: 10.21320/1818-474X-2021-3-117-125

✉ Поступила: 02.04.2021

✉ Принята к печати: 04.09.2021

a review. *Annals of Critical Care*. 2021;3:117-125. DOI: 10.21320/1818-474X-2021-3-117-125

✉ Received: 02.04.2021

✉ Accepted: 04.09.2021

DOI: 10.21320/1818-474X-2021-3-117-125

Введение

Робот-ассистированная лапароскопическая простатэктомия (РАЛРП) в настоящее время стала преобладающей процедурой хирургического лечения локализованного рака простаты за счет меньшего числа осложнений, быстрого выздоровления, улучшения потенции и удержания мочи, однако некоторые специфические осложнения, связанные с позиционированием пациента на операционном столе, на сегодняшний день наиболее обсуждаемые вопросы в роботической хирургии. Хотя многие особенности РАЛРП сходны с обычными лапароскопическими урологическими операциями, для обеспечения оптимальной визуализации операционного поля требуются высокое (16–18 мм рт. ст.) давление в брюшной полости и положение Тренделенбурга (ПТр), которое определяется как положение лежа на спине под углом 30–45° с приподнятым по отношению к голове тазом. Действие гравитации позволяет переместить либо сместить органы брюшной полости и обеспечить лучший хирургический доступ к простате. С популяризацией РАЛРП были выявлены значительные негативные физиологические эффекты ПТр.

Ингаляционная анестезия севофлураном или десфлураном, так же как тотальная внутривенная анестезия (ТВВА) на основе пропофола, широко используется при РАЛРП [1–8], но ни одна из них не прописана в клиническом руководстве в качестве ведущей [9]. Ранее было показано, что особый автономный профиль, вызванный пневмоперитонеумом в купе с общей анестезией, должен быть принят во внимание для объяснения гемодинамических и респираторных изменений, которые происходят во время робот-ассистированных оперативных вмешательств на органах малого таза [10–13].

S.J. Kim et al. (2011) показали значительное снижение региональной сатурации головного мозга кислородом (rSO_2) при анестезии пропофолом по сравнению с севофлураном при гинекологических лапароскопических операциях в ПТр [14]. D. Closhen et al. (2014) обнаружили клинически незначительное снижение церебральной оксигенации менее чем на 5 % на протяжении всей анестезии у пациентов, перенесших РАЛРП. Таким образом, церебральная оксигенация не подвержена воздействию ПТр и пневмоперитонеума даже в течение длительного времени [15]. T. Matsuoka et al. (2019) оценили изменение rSO_2 во время РАЛРП под анестезией пропофолом. Они обнаружили, что rSO_2 увеличилось после наложения пневмоперитонеума, далее временно увеличилось после перевода пациента в ПТр, а затем уменьшилось. Таким образом, пневмоперитонеум и ПТр при РАЛРП не ухудшали церебральную оксигенацию в условиях внутривенной анестезии пропофолом [16].

Y. Taketani et al. (2015) показали, что среднее внутриглазное давление (ВГД) достоверно увеличивалось в ПТр, но существенно не отличалось у пациентов, анестезированных ингаляционно либо внутривенно. С помощью оптической когерентной томографии они обнаружили дефекты полей зрения через 1 неделю после РАЛРП, но без изменений глазного дна, толщины слоя нервных волокон сетчатки или морфологии оптического диска [17]. K.H. Seo et al. (2018) изучили влияние анестезии десфлураном и пропофолом на ВГД при повторных позиционных изменениях у пациентов, перенесших лапароскопические колоректальные операции. Высокое ВГД (≥ 25 мм рт. ст.) было у 56 % пациентов группы десфлурана по сравнению с 13 % в группе пропофола ($p = 0,005$). Таким образом, анестезия пропофолом была более эффективной в смягчении широких вариаций

ций ВГД, вызванных повторяющимися позиционными изменениями во время длительной лапароскопической операции [18]. G. Kaur et al. (2018) сравнили влияние ТВВА на основе пропофола с анестезией севофлураном на ВГД у пациентов, перенесших лапароскопические операции в ПТр. ВГД было статистически значимо больше в группе севофлурана, чем в группе пропофола. Авторы исследования предположили, что пропофол может снизить риск повреждения зрительного нерва во время лапароскопической операции, ослабляя повышение ВГД и, следовательно, снижая риск гипоперфузии глаза. Таким образом, ТВВА на основе пропофола может быть лучшей альтернативой по сравнению с ингаляционной анестезией в ослаблении повышения ВГД при лапароскопической операции, требующей пневмоперитонеума и ПТр [19]. Что касается эффекта анестезиологических препаратов во время РАЛРП, то исследование N.Y. Kim et al. (2015) показало, что интраоперационная инфузия дексмететомидина способствовала значительному снижению повышенного ВГД [20]. Также исследование J. Joо et al. (2016) продемонстрировало ослабление повышения ВГД при инфузии дексмететомидина у пациентов в ПТр более 30° [21]. S. Kitamura et al. (2018) в двойном слепом рандомизированном клиническом исследовании (РКИ) продемонстрировали значительное различие ВГД во время пневмоперитонеума и ПТр среди пациентов, получавших 0,4 мкг/кг/ч дексмететомидина против контрольной группы. Таким образом, дексмететомидин в сочетании с пропофолом уменьшил ВГД во время РАЛРП в условиях ПТр [22].

H. Yonekura et al. (2016) впервые сравнили особенности анестезиологического обеспечения робот-ассистированной и лапароскопической простатэктомии: РАЛРП имела преимущества в меньшей кровопотере и потребности в крови, но была ассоциирована с вдвое большей частотой послеоперационной тошноты и рвоты (ПОТР) [23]. N.Y. Kim et al. (2020) сравнили отдаленные рецидивы рака предстательной железы после РАЛРП с точки зрения выбора между ТВВА и ингаляционной анестезией севофлураном или десфлураном. Результат показал сопоставимое влияние анестетиков на онкологические исходы [24].

В данном литературном обзоре мы обобщили современные данные об ассоциированном влиянии ТВА пропофолом или ингаляционной анестезии севофлураном или десфлураном на нежелательные периоперационные события в процессе выполнения РАЛРП.

Материалы и методы

Мы включили в литературный обзор изданные статьи и текущие исследования, в которых описывалось влияние двух различных видов общей анестезии при РАЛРП в условиях пневмоперитонеума и ПТр. По-

иск статей велся в электронных базах данных PubMed, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science, International Standard Randomized Controlled Trial Registry (<http://www.controlled-trials.com>) и ClinicalTrials.gov (<http://www.clinicaltrials.gov>) с января 2001 г. по февраль 2021 г. по следующим ключевым словам: «prostatectomy», «robotic surgery», «robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy», «pneumoperitoneum», «balanced general anesthesia», «anesthesia inhalation», «anesthesia intravenous». Статьи были включены в обзор, если удовлетворяли следующим критериям: 1) вид статьи: клиническое исследование во всех публикуемых международных журналах без языковых или национальных ограничений; 2) субъект: пациент с раком простаты, подвергшийся РАЛРП; 3) вид общей анестезии (ингаляционная севофлураном, десфлураном, изофлураном против ТВА на основе пропофола). Был проведен анализ статьи S.F. Herling et al. (2017) на предмет выявления других потенциально релевантных публикаций [25]. Из выбранных статей извлекали следующие данные: фамилию, имя, отчество (при наличии) первого автора; год и страну публикации; цель и дизайн исследования; количество пациентов (*n*), их физикальный статус по классификации American Society of Anesthesiologists (ASA) и возраст; критерии исключения; параметры анестезии; оцениваемый параметр гомеостаза. Интраоперационные переменные — длительность операции, угол наклона операционного стола, давление пневмоперитонеума, оцененная кровопотеря и объем восполнения, результаты сравнения нежелательных периоперационных событий, осложнения анестезии и/или операции и выводы исследования были зафиксированы там, где они были указаны. В качестве временных точек сравнения нами были выбраны максимальные / минимальные значения за интраоперационный период. Пропущенные значения обозначены аббревиатурой «нд» — нет данных.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 10 от 05.12.2018.

Результаты исследования

Мы нашли 7 полнотекстовых статей, опубликованных с января 2001 г. по февраль 2021 г. и описывающих влияние ингаляционной против внутривенной анестезии на нежелательные периоперационные события при операции РАЛРП [26–32]. Включенные статьи описывали РКИ, все были одноцентровыми. Оперативными вмешательствами в 6 исследованиях были РАЛРП, в 1 исследовании — робот-ассистированные операции на органах малого таза: 22 РАЛРП, остальные — робот-ассистированные радикальные цистэктомии с фор-

мированием илеокондута и робот-ассистированные радикальные гистерэктомии [29]. Нежелательными периоперационными событиями были ПОТР [31, 32], снижение оксигенации крови в луковице яремной вены [30], увеличенный диаметр оболочки зрительного нерва (ДОЗН) как суррогатный маркер высокого внутричерепного давления (ВЧД) [27–29] и высокое ВГД [26]. В зависимости от нежелательных периоперационных событий критерии невключения в исследования варьировали и были следующими: неврологические и цереброваскулярные заболевания, включая церебральную ишемию или кровоизлияние и транзиторную ишемическую атаку [27, 28, 30]; тяжелые заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем [26, 29, 32]; печеночную или почечную дисфункцию [31]; глаукому, диабетическую ретинопатию, катаракту и другие офтальмологические заболевания [26, 27, 29]; офтальмологические или нейрохирургические операции [27]; внутриглазную [26] и внутричерепную [29] гипертензию; «морскую болезнь» или ПОТР, противорвотные средства, кортикостероиды, химио- или лучевую терапию [31]; аллергию, гиперчувствительность или толерантность на анестетики и анальгетики [26, 32]; ограничения по массе тела [31], возрасту пациентов [27] и длительности операции [29]. Сравнивались эффекты ТВВА на основе пропофола с ингаляционной анестезией севофлураном в 5 исследованиях [26, 28–30, 32] и десфлураном — в 2 исследованиях [27, 31]. Дозировка и скорость введения пропофола рассчитывались по массе тела пациентов в 2 исследованиях [29, 32], по целевой концентрации — в 5 исследованиях [26–28, 30, 31]. Ингаляционные анестетики дозировались по минимальной альвеолярной концентрации в 2 исследованиях [30, 32], по вдыхаемой концентрации — в 2 исследованиях [28, 29], по конечно-выдыхаемой концентрации — в 3 исследованиях [26, 27, 31]. Во всех исследованиях, кроме одного, в качестве анальгетика использовался ремифентанил по целевой концентрации 2–10 нг/мл [26–28, 31] либо из расчета 0,04–0,4 мкг/кг/мин [30, 32]; в одном исследовании в качестве анальгетика использовался фентанил из расчета 40 мкг/ч [29]. Мы не включили в список статью М.М. Atallah и М.М. Othman (2009), в которой на ограниченной выборке пациентов ($n = 15$) описывались преимущества ТВВА на основе кетамина-мидазолама-фентанила над ингаляционной анестезией изофлураном при робот-ассистированной радикальной цистэктомии [32].

Основные характеристики включенных исследований представлены в табл. 1. Результаты сравнений нежелательных периоперационных событий представлены как абсолютное значение (пропорция) или как среднее значение (стандартное отклонение). В исследования было включено 352 пациента мужского пола I–III функциональных классов ASA в возрасте от 54 до 74 лет. Операции длились в среднем от 92 до 271 мин в условиях 30–45° угла наклона операционного стола и 10–20 мм рт. ст.

давления в брюшной полости. Осложнения анестезии не были зафиксированы в 5 исследованиях [26–28, 30, 32], не были декларированы — в 2 исследованиях [29, 31]. В исследовании М. Ozdemir et al. (2013) удовлетворенность пациентов методом анестезии была достаточно высокой без разницы между группами [32].

Результаты исследования Y.C. Yoo et al. (2012) показали, что ТВВА на основе пропофола снижала частоту и тяжесть ПОТР по сравнению со сбалансированной анестезией десфлураном сразу после РАЛРП у пациентов с низким риском развития тошноты и рвоты [31].

Y.C. Yoo et al. (2014) сообщили, что ВГД было статистически значимо меньше при внутривенной анестезии пропофолом в сравнении с ингаляционной анестезией севофлураном сразу после наложения пневмоперитонеума и в течение всей операции [26].

Исследование А. Doe et al. (2016) было первым сравнением церебральной оксигенации между разными видами анестезии во время РАЛРП и показало, что пациенты группы севофлурана имели значительно более высокие уровни церебральной оксигенации, чем пациенты группы пропофола, во всех временных точках измерения, но результат исследования прямо не указывает на то, что севофлуран может лучше подходить для РАЛРП [30].

Исследование E.S. Choi et al. (2018) показало, что сочетание ПТр и пневмоперитонеума при РАЛРП увеличивало ДОЗН, при этом средние значения у пациентов в группе ТВВА пропофолом были значительно ниже, чем в группе ингаляционной анестезии десфлураном [27].

В исследовании J. Yu et al. (2018) ДОЗН непрерывно увеличивался после установления пневмоперитонеума и ПТр, но был значительно меньше под пропофоловой, чем под севофлурановой анестезией. Автор заключил, что непрерывное введение пропофола оказало благоприятное влияние на внутричерепное ВЧД во время РАЛРП [28].

В исследовании N. Sujata et al. (2019) максимальное увеличение ДОЗН от исходного уровня составляло $0,01 \pm 0,01$ см в группе пропофола и $0,03 \pm 0,01$ см в группе севофлурана ($p = 0,001$). Также была обнаружена положительная корреляция между продолжительностью операции и максимальным увеличением ДОЗН в группе севофлурана ($p = 0,003$), но не в группе пропофола. Таким образом, ТВВА на основе пропофола более эффективна, чем ингаляционная анестезия севофлураном, в ослаблении увеличения ДОЗН как суррогата ВЧД во время роботизированных операций на органах малого таза [29].

В исследовании М. Ozdemir et al. (2013) длительное ПТр с пневмоперитонеумом хорошо переносилось пациентами групп ТВВА и ингаляционной анестезии, но повышали риск ацидоза. В свою очередь, ацидоз больше уменьшался в группе пропофола в сравнении с группой севофлурана [32].

Обсуждение

Выполнение операции РАЛРП требует применения комбинации пневмоперитонеума и ПТр. Оценка периоперационного риска является одним из наиболее важных элементов в работе врача — анестезиолога-реаниматолога, поскольку позволяет индивидуализировать и рационализировать периоперационное ведение пациента. Однако выявление пациента высокого риска — нетривиальная задача, которая сопряжена с рядом трудностей. Тем не менее попытки улучшить прогноз ведутся постоянно и безуспешно. Разработка единых определений исхода, набор больших регистров, позволяющих получить достоверные предикторы неблагоприятного исхода, — все это перспективные направления, которые позволят точно сказать, кто является пациентом высокого риска [34].

Этот литературный обзор представляет собой начальную оценку ассоциации некоторых нежелательных периоперационных событий и осложнений, обусловленных условиями проведения РАЛРП, с используемыми в процессе операции анестетиками. Сравнение частоты встречаемости нежелательных периоперационных событий и осложнений, характеристика их параметров в зависимости от вида анестезии были представлены в 7 недавних исследованиях, где пациентам I–III функциональных классов ASA операция РАЛРП проводилась в условиях пневмоперитонеума и ПТр. Несмотря на разные когорты пациентов, интраоперационные условия, выводы были единообразными в исследованиях E.S. Choi et al. (2018), N. Sujata et al. (2019), J. Yu et al. (2018): ДОЗН был статистически значимо увеличен при ингаляционной анестезии севофлураном или десфлураном в сравнении с ТВВА на основе пропофола. Несмотря на это увеличение, не было значительных послеоперационных неврологических изменений у пациентов с отсутствием явной внутричерепной патологии [27–29]. В исследовании A. Doo et al. (2016) было показано, что ингаляционный анестетик севофлуран вызывал более высокие уровни церебральной оксигенации без каких-либо различий в неврологических осложнениях

в сравнении с анестетиком пропофолом [30]. Y.C. Yoo et al. (2014) обнаружил, что ВГД значительно увеличивалось при анестезии севофлураном. Несмотря на это увеличение, не было значительных послеоперационных изменений зрительной функции и офтальмологических осложнений у пациентов без предшествующих глазных болезней [26]. Также исследования M. Ozdemir et al. (2013) и Y.C. Yoo et al. (2012) показали, что ТВВА на основе пропофола кратковременно уменьшала интенсивность ПОТР в сравнении с ингаляционной анестезией севофлураном или десфлураном [31, 32].

Заключение

Подводя итог, мы нашли слабые свидетельства того, что тотальная внутривенная анестезия на основе пропофола может иметь преимущества в плане безопасности в сравнении с ингаляционными анестетиками севофлураном или десфлураном при анестезиологическом обеспечении робот-ассистированной лапароскопической радикальной простатэктомии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Лutfарахманов И.И., Здорик Н.А., Лазарев С.Т., Галеев И.Р., Сырчин Е.Ю., Лифанова А.Д., Миронов П.И. — разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

ORCID авторов

Лutfарахманов И.И. — 0000-0002-5829-5054
 Здорик Н.А. — 0000-0002-9408-9477
 Лазарев С.Т. — 0000-0002-1044-3572
 Галеев И.Р. — 0000-0002-6831-7050
 Сырчин Е.Ю. — 0000-0002-0027-6491
 Лифанова А.Д. — 0000-0002-2534-7794
 Миронов П.И. — 0000-0002-9016-9461

Литература/References

- [1] Gainsburg D.M. Anesthetic concerns for robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Minerva Anesthesiol.* 2012; 78(5): 596–604.
- [2] Sohn K.S., Kim J.H. Anesthetic management for laparoscopic surgery and robotic surgery. *J Korean Med Assoc.* 2012; 55(7): 641–8. DOI: 10.5124/jkma.2012.55.7.641
- [3] Börgers A., Brunkhorst V., Groeben H. Anaesthesia for urological surgery — Anaesthesia for robotic assisted prostatectomies. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2013; 48: 488–93. DOI: 10.1055/s-0033-1352496
- [4] Paranjape S., Chhabra A. Anaesthesia for robotic surgery. *Trends in Anaesthesia and Critical Care.* 2014; 4(1): 25–31. DOI: 10.1016/j.tacc.2013.10.003
- [5] Lee J.R. Anesthetic considerations for robotic surgery. *Korean J Anesthesiol.* 2014; 66(1): 3–11. DOI: 10.4097/kjae.2014.66.1.3
- [6] Prabhakar A., Donnenfeld B.L., Kaye A.D., et al. Concepts in creating an evidence-based anesthetic protocol for robot-assisted laparoscopic pelvic surgery. *J Med Pract Manage.* 2015; 30(6 Spec No): 18–23.

Таблица 1. Сравнительный анализ исследований нежелательных периоперационных событий при проведении робот-ассистированной лапароскопической радикальной простатэктомии в зависимости от вида анестезии

Первый автор, год	Страна Дизайн исследования ^a	Цель исследования	Пациенты (n); класс ASA; возраст	Компоненты анестезии, общие для групп пациентов	Различия анестезии между группами пациентов
Yoo Y.C., 2014 [26]	Южная Корея Слепое РКИ	Изучить и сравнить изменения ВГД под влиянием ТВВА на основе пропофола или ингаляционной анестезии севофлураном	n = 66; ASA I–II; 56–73 года	Премедикация мидазоламом 0,05 мг/кг + гликопирролат 0,2 мг. Анальгезия ремифентанилом по ЦК 2–5 нг/мл	Группа ТВВА (n = 33): индукция и поддержание пропофолом по ЦК 2–5 мкг/мл Группа ингаляционной анестезии (n = 33): индукция пропофолом 1,5 мг/кг. Поддержание севофлураном по конечно-выдыхаемой концентрации 1,5–2,5 %
Choi E.S., 2018 [27]	Южная Корея Двойное слепое РКИ	Сравнить эффекты ТВВА пропофолом или ингаляционной анестезии десфлураном на величину ДОЗН	n = 56; ASA I–II; 58–74 года	Премедикация мидазоламом 0,03 мг/кг. Индукция пропофолом 1,5 мг/кг. Анальгезия ремифентанилом по ЦК 2–3 нг/мл	Группа ТВВА (n = 28): поддержание пропофолом по ЦК 3–4 мкг/мл Группа ингаляционной анестезии (n = 28): поддержание десфлураном по конечно-выдыхаемой концентрации 4–7 %
Yu J., 2018 [28]	Южная Корея Двойное слепое РКИ	Сравнить влияние пропофола и севофлурана на величину ДОЗН как суррогат ВЧД	n = 36; 57–72 года	Анальгезия ремифентанилом по ЦК 2–10 нг/мл	Группа ТВВА (n = 18): индукция и поддержание пропофолом по ЦК 1,5–3 мкг/мл Группа ингаляционной анестезии (n = 18): индукция пропофолом 1,5 мг/кг. Поддержание севофлураном 1–2 об. %
Sujata N., 2019 [29]	Индия Двойное слепое РКИ	В условиях ПТр и пневмоперитонеума сравнить эффекты анестезии пропофолом и севофлураном на величину ДОЗН как суррогат ВЧД	n = 49; ASA I–III; 54–73 года	Премедикация мидазоламом 1 мг + гликопирролат 0,2 мг + фентанил 2 мкг/кг. Индукция пропофолом 2 мг/кг. Анальгезия фентанилом 40 мкг/ч	Группа ТВВА (n = 25): поддержание пропофолом 8 мг/кг/ч до достижения BIS 40–60 Группа ингаляционной анестезии (n = 24): поддержание севофлураном по выдыхаемой концентрации до достижения BIS 40–60
Doe A., 2016 [30]	Япония Слепое РКИ	Сравнить эффекты севофлурана и пропофола на церебральную оксигенацию	n = 41; ASA I–II; 66–67 лет	Анальгезия ремифентанилом 0,2–0,4 мкг/кг/мин	Группа ТВВА (n = 19): индукция и поддержание пропофолом по ЦК 5 мкг/мл Группа ингаляционной анестезии (n = 22): индукция болюсом тиопентала 5 мг/кг. Поддержание севофлураном по скорректированной МАК > 1,7 %
Yoo Y.C., 2012 [31]	Южная Корея Двойное слепое РКИ	Исследовать влияние ТВВА пропофолом на ПОТР после РАЛРП по сравнению со сбалансированной анестезией десфлураном	n = 62; ASA I–II; 55–66 лет	Премедикация мидазоламом 0,05 мг/кг + гликопирролат 0,2 мг. Анальгезия ремифентанилом по ЦК 2–5 нг/мл	Группа ТВВА (n = 31): индукция и поддержание пропофолом по ЦК 2–5 мкг/мл Группа ингаляционной анестезии (n = 31): индукция пропофолом 1,5 мг/кг. Поддержание десфлураном по конечно-выдыхаемой концентрации 4–7 %
Ozdemir M., 2013 [32]	Турция РКИ	Сравнить клинические эффекты ингаляционной и внутривенной анестезии у пациентов с РАЛРП	n = 42; ASA I–III; 54–69 лет	Индукция пропофолом 2–2,5 мг/кг. Анальгезия ремифентанилом 0,04–0,2 мкг/кг/мин	Группа ТВВА (n = 21): поддержание пропофолом 4–8 мг/кг/ч Группа ингаляционной анестезии (n = 21): поддержание севофлураном 1–2 МАК

^a Все исследования проспективные одноцентровые; данные представлены в виде: среднее ± стандартное отклонение или медиана (межквартильный разброс); *p < 0,05; ** p < 0,01 по сравнению с группой ТВВА.

Table 1. Comparative analysis of studies of undesirable perioperative events during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy depending on the type of anesthesia

Длительность операции	Угол наклона операционного стола	Давление в брюшной полости	Оцененная кровопотеря	Инфузионная терапия	Нежелательное периоперационное событие / осложнение	Различия между группами пациентов	Выводы
92 (71–142) мин	30°	15 ± 5 мм рт. ст.	415 ± 211 мл	1485 ± 588 мл	Высокое ВГД, мм рт. ст.	19,9 ± 3,8	Пропофол лучше препятствует повышению ВГД в условиях пневмоперитонеума и ПТр
105 (85–140) мин			431 ± 269 мл	1558 ± 557 мл		23,5 ± 4,3*	
175 ± 27 мин	40°	15 ± 5 мм рт. ст.	Нд	Нд	Увеличение ДОЗН, мм	5,15 ± 0,25	Увеличение ДОЗН значительно больше при анестезии десфлураном. Пропофол подходит для пациентов с риском мозговой гипоперфузии или с повышенным ВЧД
173 ± 41 мин						5,56 ± 0,37**	
147 ± 23 мин	Нд	Нд	Нд	1274 ± 319 мл	Увеличение ДОЗН, мм	5,27 ± 0,35	Анестезия пропофолом может быть эффективно использована для минимизации интраоперационных изменений ВЧД во время РАЛРП с использованием пневмоперитонеума и ПТр
						5,57 ± 0,28**	
297 ± 74 мин	40–45°	Нд	Нд	1500 мл	Увеличение ДОЗН, мм	3,8 ± 0,4	ТВВА более эффективная, чем ингаляционная анестезия севофлураном в ослаблении увеличения ДОЗН
338 ± 62 мин						4,1 ± 0,4**	
201 ± 32 мин	30°	Нд	108 ± 81 мл	1103 ± 287 мл	Низкая S _j O ₂	65 % (13)	Севофлуран поддерживает значительно более высокие уровни S _j O ₂ , чем пропофол, во всех точках измерения
201 ± 40 мин			94 ± 110 мл	1132 ± 362 мл		77 % (11)**	
147 ± 31 мин	30°	15 ± 5 мм рт. ст.	389 ± 386 мл	1651 ± 696 мл	ПОТР в течение первых 6 ч	n = 7 (22,6 %)	Для профилактики ПОТР после РАЛРП необходима ТВВА независимо от факторов риска пациента
147 ± 37 мин			420 ± 403 мл	1555 ± 515 мл		n = 18 (58,1 %)*	
4,0 ± 1,0 ч	45°	12 мм рт. ст.	Нд	1500–2000 мл	ПОТР в течение первого часа	n = 0 (0 %)	ТВВА обеспечивает раннюю и лучшую реабилитацию и меньшие побочные эффекты
4,5 ± 0,6 ч						n = 11 (52,4 %)**	

ВГД — внутриглазное давление; ВЧД — внутричерепное давление; ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва; МАК — минимальная альвеолярная концентрация; Нд — нет данных; ПОТР — послеоперационная тошнота и рвота; ПТр — положение Тренделенбурга; РКИ — рандомизированное клиническое исследование; ТВВА — тотальная внутривенная анестезия; ЦК — целевая концентрация; ASA — American Society of Anesthesiologists; BIS — биспектральный индекс / bispectral index; S_jO₂ — оксигенация крови в луковиче яремной вены / jugular venous bulb blood oxygenation.

- [7] *Olympio M.A.* Anesthetic Considerations for Robotic Urologic Surgery. In: Hemal A., Menon M. (eds) *Robotics in Genitourinary Surgery*. Springer: Cham; 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-20645-5_4
- [8] *Özğök A., Arıkan M., Kazancı D.* Tips in Anesthesia for Robotic Surgery. In: Rané A., Turna B., Autorino R., Rassweiler J. (eds) *Practical Tips in Urology*. Springer: London; 2017:541-548. DOI: 10.1007/978-1-4471-4348-2_55
- [9] *Aceto P., Beretta L., Cariello C., et al.*; Società Italiana di Anestesia Analgesia Rianimazione e Terapia Intensiva (SIAARTI), Società Italiana di Ginecologia e Ostetricia (SIGO), and Società Italiana di Urologia (SIU). Joint consensus on anesthesia in urologic and gynecologic robotic surgery: specific issues in management from a task force of the SIAARTI, SIGO, and SIU. *Minerva Anestesiol.* 2019; 85(8): 871–85. DOI: 10.23736/S0375-9393.19.13360-3
- [10] *Климов А.А., Малахова А.А., Камнев С.А. и др.* Результаты проспективного рандомизированного пилотного исследования по оценке влияния уровня миорелаксации и режима вентиляции на хирургические условия при выполнении лапароскопических робот-ассистированных вмешательств. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2021; 2: 115–27. [*Klimov A.A., Malakhova A.A., Kamnev S.A., et al.* A prospective randomized pilot study: The impact of the depth of neuromuscular blockade and modes of mechanical ventilation on surgical conditions during laparoscopic and robotic surgery. *Ann Crit Care.* 2021; 2: 115–27. (In Russ)] DOI: 10.21320/1818-474X-2021-2-115-127
- [11] *Лутфаррахманов И.И., Мельникова И.А., Сырчин Е.Ю. и др.* Изменения дыхательной механики и газообмена при робот-ассистированной радикальной простатэктомии. *Анестезиология и реаниматология*. 2020; 4: 60–7. DOI: 10.17116/anaesthesiology202004161 [*Lutfarakhmanov I.I., Melnikova I.A., Syrchin E.Yu., et al.* Changes in respiratory mechanics and gas exchange in robot-assisted radical prostatectomy. *Anesteziol Reanimatol.* 2020; 4: 60–7. DOI: 10.17116/anaesthesiology202004161 (In Russ)]
- [12] *Лутфаррахманов И.И., Сырчин Е.Ю., Галеев И.Р. и др.* Изменения центральной гемодинамики при робот-ассистированной радикальной простатэктомии в зависимости от вида анестезии. *Анестезиология и реаниматология*. 2020; 6: 69–76. DOI: 10.17116/anaesthesiology/anaesthesiology202006169 [*Lutfarakhmanov I.I., Syrchin E.Yu., Galeev I.R., et al.* Changes in central hemodynamics during robot-assisted radical prostatectomy depending on the type of anesthesia. *Anesteziol Reanimatol.* 2020; 6: 69–76. DOI: 10.17116/anaesthesiology/anaesthesiology202006169 (In Russ)]
- [13] *Лутфаррахманов И.И., Мельникова И.А., Сырчин Е.Ю. и др.* Особенности механики дыхания и газообмена при робот-ассистированной радикальной простатэктомии. *Обзор литературы. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. 2020; 1: 75–89. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-1-75-89 [*Lutfarakhmanov I.I., Melnikova I.A., Syrchin E.Yu., et al.* Features of the mechanics of respiration and gas exchange during robot-assisted radical prostatectomy. *Review. Ann Crit Care.* 2020; 1: 75–89. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-1-75-89 (In Russ)]
- [14] *Kim S.J., Kwon J.Y., Cho A.R., et al.* The effects of sevoflurane and propofol anesthesia on cerebral oxygenation in gynecological laparoscopic surgery. *Korean J Anesth.* 2011; 61(3): 225–32. DOI: 10.4097/kjae.2011.61.3.225
- [15] *Closhen D., Treiber A.H., Berres M., et al.* Robotic assisted prostatic surgery in the Trendelenburg position does not impair cerebral oxygenation measured using two different monitors: A clinical observational study. *Eur J Anaesthesiol.* 2014; 31(2): 104–9. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000000
- [16] *Matsuoka T., Ishiyama T., Shintani N., et al.* Changes of cerebral regional oxygen saturation during pneumoperitoneum and Trendelenburg position under propofol anesthesia: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol.* 2019; 19: 72. DOI: 10.1186/s12871-019-0736-4
- [17] *Taketani Y., Mayama C., Suzuki N., et al.* Transient but significant visual field defects after robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in deep Trendelenburg position. *PLoS One.* 2015; 10(4): e0123361. DOI: 10.1371/journal.pone.0123361.e0123361
- [18] *Seo K.H., Kim Y.S., Joo J., Choi J.-W.* Variation in intraocular pressure caused by repetitive positional changes during laparoscopic colorectal surgery: a prospective, randomized, controlled study comparing propofol and desflurane anesthesia. *J Clin Monit Comput.* 2018; 32(6): 1101–9. DOI: 10.1007/s10877-018-0116-5
- [19] *Kaur G., Sharma M., Kalra P., et al.* Intraocular Pressure Changes during Laparoscopic Surgery in Trendelenburg Position in Patients Anesthetized with Propofol-based Total Intravenous Anesthesia Compared to Sevoflurane Anesthesia: A Comparative Study. *Anesth Essays Res.* 2018; 12(1): 67–72. DOI: 10.4103/aer.AER_177_17
- [20] *Kim N.Y., Yoo Y.C., Park H.J., et al.* The effect of dexmedetomidine on intraocular pressure increase in patients during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in the steep Trendelenburg position. *J Endourol.* 2015; 29(3): 310–16. DOI: 10.1089/end.2014.0381
- [21] *Joo J., Koh H., Lee K., Lee J.* Effects of Systemic Administration of Dexmedetomidine on Intraocular Pressure and Ocular Perfusion Pressure during Laparoscopic Surgery in a Steep Trendelenburg Position: Prospective, Randomized, Double-Blinded Study. *J Korean Med Sci.* 2016; 31: 989–96. DOI: 10.3346/jkms.2016.31.6.989
- [22] *Kitamura S., Takechi K., Nishihara T., et al.* Effect of dexmedetomidine on intraocular pressure in patients undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy under total intravenous anesthesia: A randomized, double blinded placebo controlled clinical trial. *J Clin Anesth.* 2018; 49: 30–5. DOI: 10.1016/j.jclinane.2018.06.006
- [23] *Yonekura H., Hirate H., Sobue K.* Comparison of anesthetic management and outcomes of robot-assisted vs pure laparoscopic radical prostatectomy. *J Clin Anesth.* 2016; 35: 281–6. DOI: 10.1016/j.jclinane.2016.08.014
- [24] *Kim N.Y., Jang W.S., Choi Y.D., et al.* Comparison of Biochemical Recurrence After Robot-assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy with Volatile and Total Intravenous Anesthesia. *Int J Med Sci.* 2020; 17(4): 449–56. DOI: 10.7150/ijms.40958
- [25] *Herling S.F., Dreijer B., Lam G.W., et al.* Total intravenous anaesthesia versus inhalational anaesthesia for adults

- undergoing transabdominal robotic assisted laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017; 4(4): CD011387. DOI: 10.1002/14651858.CD011387.pub2
- [26] Yoo Y.C., Shin S., Choi E.K., et al. Increase in intraocular pressure is less with propofol than with sevoflurane during laparoscopic surgery in the steep Trendelenburg position. *Can J Anaesth.* 2014; 61(4): 322–9. DOI: 10.1007/s12630-014-0112-2
- [27] Choi E.S., Jeon Y.T., Sohn H.M., et al. Comparison of the effects of desflurane and total intravenous anesthesia on the optic nerve sheath diameter in robot assisted laparoscopic radical prostatectomy: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2018; 97(41): e12772. DOI: 10.1097/MD.00000000000012772
- [28] Yu J., Hong J.H., Park J.Y., et al. Propofol attenuates the increase of sonographic optic nerve sheath diameter during robot-assisted laparoscopic prostatectomy: a randomized clinical trial. *BMC Anesthesiol.* 2018; 18(1): 72. DOI: 10.1186/s12871-018-0523-7
- [29] Sujata N., Tobin R., Tamhankar A., et al. A randomised trial to compare the increase in intracranial pressure as correlated with the optic nerve sheath diameter during propofol versus sevoflurane-maintained anesthesia in robot-assisted laparoscopic pelvic surgery. *J Robot Surg.* 2019; 13(2): 267–73. DOI: 10.1007/s11701-018-0849-7
- [30] Doe A., Kumagai M., Tamura Y., et al. A comparative analysis of the effects of sevoflurane and propofol on cerebral oxygenation during steep Trendelenburg position and pneumoperitoneum for robotic assisted laparoscopic prostatectomy. *J Anesth.* 2016; 30: 949–55. DOI: 10.1007/s00540-016-2241-y
- [31] Yoo Y.C., Bai S.J., Lee K.Y., et al. Total intravenous anesthesia with propofol reduces postoperative nausea and vomiting in patients undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a prospective randomized trial. *Yonsei Med J.* 2012; 53(6): 1197–202. DOI: 10.3349/ymj.2012.53.6.1197
- [32] Ozdemir M., Bakan N., Sahin K., et al. The comparison of sevoflurane-remifentanil and propofol-remifentanil in robotic prostatectomies. *J Clin Anal Med.* 2013; 4(4): 313–17. DOI: 10.4328/CAM.1018
- [33] Atallah M.M., Othman M.M. Robotic laparoscopic radical cystectomy inhalational versus total intravenous anaesthesia: a pilot study. *Middle East J Anesthesiol.* 2009; 20(2): 257–63.
- [34] Заболотских И.Б., Трэмбач Н.В. Пациенты высокого периоперационного риска: два подхода к стратификации. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова.* 2019; 4: 34–46. DOI: 10.21320/1818–474X-2019-4-34-46 [Zabolotskikh I.B., Trembach N.V. High perioperative risk patients: two approaches to stratification. Review. *Ann Crit Care.* 2019; 4: 34–46. DOI: 10.21320/1818–474X-2019-4-34-46 (In Russ)]