

DOI: <https://doi.org/10.17816/RA695606>

EDN: THNQIQ



Сравнительная эффективность общей и регионарной анестезии при тотальном эндопротезировании коленного сустава: одноцентровое проспективное слепое рандомизированное исследование

Т.О. Андрианова, А.А. Ежевская, С.А. Герасимов, И.М. Никитин, В.И. Загреков

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Тотальное эндопротезирование коленного сустава сопровождается выраженным болевым синдромом. Предполагается, что внедрение в анестезиологическую практику методик регионарной анестезии, таких как блокада приводящего канала и инфильтрация пространства между подколенной артерией и мышечком бедренной кости (iPACK), должно уменьшить выраженность болевого синдрома в послеоперационном периоде и, как следствие, уменьшить выраженность хирургического стресс-ответа.

Цель. Сравнительная оценка анальгетической эффективности, безопасности, влияния на стресс-ответ регионарной и общей анестезии при операциях первичного эндопротезирования коленного сустава.

Методы. В исследование были включены 118 пациентов, перенёвших тотальное эндопротезирование коленного сустава. Пациентов разделили на три группы: Группа I — общая анестезия; Группа II — блокада бедренного нерва в сочетании со спинальной анестезией; Группа III — комбинация iPACK и блокады приводящего канала в сочетании со спинальной анестезией. Оценивали выраженность болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале, концентрации кортизола и интерлейкина-6 в сыворотке крови, потребность в наркотических анальгетиках, качество восстановления по шкале QoR-15, а также частоту развития хронической боли в послеоперационном периоде.

Результаты. Интенсивность боли в Группе I была выше по сравнению с другими группами на всех этапах наблюдения ($p=0,000$). В Группе II уровень боли через 12, 36, 48 и 72 ч превышал показатели Группы III ($p_{2,3}=0,015$; 0,001; 0,008 и 0,000 соответственно). Эпизоды прорывной боли отмечались у 13,98% пациентов в Группе I и 5,71% в Группе II. Концентрация кортизола на 1-е и 3-и сутки была выше в группах I и II: $p_{1,3}=0,001$ в день операции; $p_{1,3}=0,000$ и $p_{2,3}=0,000$ в 1-е сутки после операции; $p_{1,3}=0,000$ и $p_{2,3}=0,000$ на 3-и сутки после операции. Концентрация интерлейкина-6 также была ниже в Группе III на 1-е и 3-и сутки после операции: $p_{1,3}=0,001$ и $p_{2,3}=0,002$ против $p_{1,3}=0,000$ и $p_{2,3}=0,000$ соответственно. Пациенты из Группы III демонстрировали лучшие результаты функциональных тестов. Время требования наркотических анальгетиков было в 5,75 раза больше в Группе III, чем в Группе I, и вдвое больше в Группе II, чем в Группе I. Нежелательных реакций в ходе исследования зарегистрировано не было. Развитие хронического болевого синдрома наблюдалось у 16,51% пациентов через 3 месяца, у 11,93% через 6 месяцев и у 10,09% через год после операции.

Заключение. Регионарная анестезия при тотальном эндопротезировании коленного сустава, а именно сочетание спинальной анестезии с iPACK и блокадой приводящего канала, является эффективным периоперационным способом обезболивания, а также стратегическим подходом, лимитирующим стрессовую реакцию организма и риск хронической боли в будущем.

Ключевые слова: регионарная анестезия; iPACK-блок; кортизол; интерлейкин-6; блокада приводящего канала; общая анестезия; тотальное эндопротезирование коленного сустава.

Как цитировать:

Андрианова Т.О., Ежевская А.А., Герасимов С.А., Никитин И.М., Загреков В.И. Сравнительная эффективность общей и регионарной анестезии при тотальном эндопротезировании коленного сустава: одноцентровое проспективное слепое рандомизированное исследование // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2026. Т. 20, № 1. С. 25–38. DOI: 10.17816/RA695606 EDN: THNQIQ

DOI: <https://doi.org/10.17816/RA695606>

EDN: THHQIQ

Comparative Efficacy of General and Regional Anesthesia in Total Knee Arthroplasty: A Single-Center, Prospective, Blinded, Randomized Study

Tatyana O. Andrianova, Anna A. Ezhevskaya, Sergey A. Gerasimov, Ivan M. Nikitin, Valeriy I. Zagrekov

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Total knee arthroplasty is associated with substantial postoperative pain. The implementation of regional anesthesia techniques, such as the adductor canal block and infiltration between the popliteal artery and the capsule of the knee (iPACK), is expected to reduce postoperative pain and, consequently, attenuate the surgical stress response.

AIM: This study aimed to compare the analgesic efficacy, safety, and effect on the stress response of regional and general anesthesia in primary total knee arthroplasty.

METHODS: A total of 118 patients undergoing total knee arthroplasty were included in the study. Patients were allocated into three groups: group 1, general anesthesia; group 2, femoral nerve block combined with spinal anesthesia; and group 3, combination of iPACK and adductor canal block with spinal anesthesia. Outcomes included pain intensity assessed by the visual analog scale, serum cortisol and interleukin-6 concentrations, opioid analgesic requirements, quality of recovery assessed using the Quality of Recovery-15 questionnaire, and the incidence of chronic postoperative pain.

RESULTS: Pain intensity in group 1 was higher than in the other groups at all time points ($p = 0.000$). In group 2, pain scores at 12, 36, 48, and 72 hours were higher than in group 3 ($p_{2,3} = 0.015; 0.001, 0.008, \text{ and } 0.000$, respectively). Breakthrough pain episodes occurred in 13.98% of patients in group 1 and 5.71% in group 2. Cortisol concentrations on postoperative days 1 and 3 were higher in groups 1 and 2: $p_{1,3} = 0.001$ on the day of surgery; $p_{1,3} = 0.000$ and $p_{2,3} = 0.000$ on postoperative day 1; $p_{1,3} = 0.000$ and $p_{2,3} = 0.000$ on postoperative day 3. Interleukin-6 concentrations were also lower in group 3 on postoperative days 1 and 3: $p_{1,3} = 0.001$ and $p_{2,3} = 0.002$ vs. $p_{1,3} = 0.000$ and $p_{2,3} = 0.000$, respectively. Patients in group 3 demonstrated better functional outcomes. Time to first opioid requirement was 5.75 times longer in group 3 than in group 1 and twice as long in group 2 as in group 1. No adverse events were observed. Chronic pain developed in 16.51%, 11.93%, and 10.09% of patients 3 months, 6 months, and 12 months after surgery, respectively.

CONCLUSION: Regional anesthesia in total knee arthroplasty, specifically the combination of spinal anesthesia with iPACK and adductor canal block, is an effective perioperative analgesic strategy and a promising approach for attenuating the stress response and reducing the risk of chronic postoperative pain.

Keywords: regional anesthesia; iPACK block; cortisol; IL-6; adductor canal block; general anesthesia; total knee arthroplasty.

To cite this article:

Andrianova TO, Ezhevskaya AA, Gerasimov SA, Nikitin IM, Zagrekov VI. Comparative Efficacy of General and Regional Anesthesia in Total Knee Arthroplasty: A Single-Center, Prospective, Blinded, Randomized Study. *Regional Anesthesia and Acute Pain Management*. 2026;20(1):25–38. DOI: 10.17816/RA695606
EDN: THHQIQ

ОБОСНОВАНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭК) может значительно облегчить боль, вызванную тяжёлым гонартрозом, однако послеоперационная боль — всё ещё важная проблема, требующая внимания. Исследования показывают, что после ТЭК возникает продолжительная сильная боль [1], а у 10% пациентов наблюдается хроническая послеоперационная боль через 1 год [2]. Неадекватное периоперационное обезболивание является одним из пусковых механизмов хирургического стресс-ответа, который представляет собой комплекс изменений гомеостаза. Активация нейроэндокринной системы и последующий цитокиновый шторм могут ухудшить долгосрочные клинические исходы [3]. Кортизол — ключевой регулятор системного воспалительного ответа после хирургической травмы [4], а интерлейкин-6 (ИЛ-6) — наиболее чувствительный маркер в ответ на боль [5].

Основными вариантами анестезии при данном вмешательстве являются общая анестезия (ОА) и спинальная анестезия (СА) с блокадой периферических нервов или без неё [6]. СА в настоящее время является предпочтительным методом, что подтверждается многочисленными крупными ретроспективными исследованиями, которые демонстрируют снижение количества послеоперационных осложнений и повторных госпитализаций, а также уменьшение боли и потребности в опиоидах в группе СА [7–9]. Наряду с этим добавление блокады периферических нервов к СА или ОА тесно связано со снижением риска серьёзных нежелательных явлений и послеоперационной смертности [10]. Выбор метода регионарной анестезии (РА) — краеугольный камень обезболивания, поскольку она должна обеспечивать баланс между эффективным обезболиванием и минимальным влиянием на двигательную функцию. За последнее десятилетие акцент сместился с проксимальных блокад, таких как блокада бедренного (ББН) и седалищного нервов, на местную инфильтрационную анестезию и блокады более дистальных нервов коленного сустава: блокада приводящего канала (БПК); блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена (iPACK), геникулярные блокады [11, 12].

Борьба с послеоперационной болью — ключевой момент в протоколах ускоренного восстановления после операции (ERAS). В послеоперационном периоде предпочтительно использование методик мультимодальной анальгезии для снижения количества потреблённых опиоидных анальгетиков [13, 14]. Хорошо известно, что периоперационное использование опиоидов сопряжено с такими осложнениями, как послеоперационная непроходимость кишечника, угнетение дыхания и чрезмерная седация, которые могут удлинить госпитализацию и выздоровление [14]. Таким образом, «идеальная» анестезия при операциях ТЭК должна оказывать минимальное воздействие на двигательную функцию коленного

сустава, обеспечивать адекватное послеоперационное обезболивание и при этом снижать количество используемых наркотических анальгетиков.

На данный момент существует ряд работ, показывающих преимущества комбинаций iPACK + БПК по сравнению с другими методиками РА [11, 12], однако, по нашему мнению, имеющимся исследованиям не хватает объективной оценки, поскольку все они опираются в основном на субъективную оценку боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ).

ЦЕЛЬ

Сравнительная оценка анальгетической эффективности, безопасности и влияния на стресс-ответ регионарной и общей анестезии при операциях первичного тотального эндопротезирования коленного сустава.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование с ослеплением пациента и исследователя исходов.

Рандомизация

Рандомизация проводилась двойным слепым методом — о распределении не были осведомлены как пациенты, так и исследователь. Анестезиологическое обеспечение проводилось одним и тем же врачом, вскрывающим конверт, а функциональные тесты, опрос, обзвон и дальнейшая оценка данных — одним и тем же независимым исследователем. Раскрытие рандомизационного кода происходило одномоментно после завершения исследования.

Условия проведения исследования

Исследование выполнено в период с марта 2024 по апрель 2025 года на базе института травматологии и ортопедии Университетской клиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Нижний Новгород). Период включения участников — март–апрель 2024 года, период отслеживания — в течение года после оперативного вмешательства. Смещения запланированных временных точек исследования не происходило.

Критерии соответствия (отбора)

Критерии включения:

- возраст от 18 до 66 лет;
- первичное ТЭК;
- подписанное добровольное информированное согласие;

- класс по системе классификации физического состояния ASA I–III.

Критерии не включения:

- отказ от участия в исследовании;
- операция ревизионного или одномышечкового эндопротезирования коленного сустава;
- наличие противопоказаний к любому компоненту протокола исследования;
- класс по системе классификации физического состояния ASA \geq IV;
- врожденные или приобретенные коагулопатии;
- наличие хронического болевого синдрома (ХБС) и/или регулярное применение опиоидов или сильнодействующих анальгетиков;
- тяжёлые когнитивные нарушения (\leq 24 баллов по краткой шкале оценки психического состояния MMSE).

Критерии исключения:

- переход от тотального эндопротезирования к другому типу операции;
- воспаление в раннем послеоперационном периоде;
- отказ пациента от участия в исследовании на любом этапе.

Описание критериев соответствия

После предварительного отбора в исследование были включены 118 пациентов, подписавших информированное согласие на участие в исследовании. Четыре человека были исключены из исследования в соответствии с критериями исключения перед этапом распределения. 114 пациентов в зависимости от метода выполнения регионарного блока были распределены методом конвертов на 3 равные группы в соотношении 1:1:1:

- Группа I ($n=38$) — контрольная группа: ОА без РА;
- Группа II ($n=38$) — ББН в сочетании с СА;
- Группа III ($n=38$) — экспериментальная группа: iРАСК и БПК в сочетании с СА.

Описание вмешательства

За всеми пациентами в операционной устанавливали стандартный анестезиологический мониторинг с использованием аппаратуры Life Score VS (Nihon Kohden, Япония), использовалась наркозно-дыхательная аппаратура Atlan A300 (Drägerwerk, Германия). В группе ОА на индукцию внутривенно вводили фентанил (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) в дозе 100 мкг, пропофол (B. Braun Melsungen, Германия) в дозе 2,0–2,5 мг/кг и рокурония бромид (Fresenius Kabi Deutschland, Германия) в дозе 0,6 мг/кг. Поддержание анестезии осуществляли севофлураном (ООО «ЭббВи», Россия) с минимальной альвеолярной концентрацией 0,9–1,1; анальгезии — фентанилом по 50–100 мкг болюсно по потребности. По окончании операции пациентов экстубировали в операционной и переводили в отделение анестезиологии и реанимации в сознании.

Пациентам из Группы II и Группы III после обеспечения мониторинга выполняли премедикацию мидазоломом (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) в дозе 0,1 мг/кг внутривенно. Затем приступали к выполнению РА (30 мл раствора анестетика). После выполнения блокад проводили СА стандартными дозами бупивакаина (Aspen Pharma Trading, Ирландия) в положении на здоровом боку на уровне LIII–LIV иглой B. Braun Spinocan 25G–88 (B. Braun, Германия).

Ход операции был идентичным во всех группах, операцию выполняла одна и та же хирургическая бригада. Интраоперационно переливали 1000–1500 мл кристаллоидных растворов, для профилактики инфекционных осложнений за полчаса до разреза вводили цефазолин (ПАО «Синтез», Россия) в стандартных дозах. В качестве гемостатика и ингибитора фибринолиза вводили транексамовую кислоту (ЗАО «ФармФирма Сотекс», Россия) в дозе 1000 мг.

В послеоперационном периоде согласно стандартам мультимодальной анальгезии все пациенты превентивно получали ненаркотические анальгетики и нестероидные противовоспалительные средства: парацетамол (ООО «Ист-Фарм», Россия) в дозе 3000 мг/сут и декскетопрофен (ООО «Эллара», Россия) в дозе 100 мг/сут. Трамадол (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) использовали по требованию в случае наличия у пациента умеренного болевого синдрома, тримеперидин (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) или морфин (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) — в случае выраженного болевого синдрома. Профилактику тромбозов производили с помощью эноксапарина натрия (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) согласно расчётным дозам. Выписка пациентов производилась по решению лечащего врача.

Техника выполнения блоков

Для выполнения блокад использовали аппарат ультразвуковой диагностики SonoSite SII (Fujifilm, Япония), конвексный датчик 5–2 МГц SonoSite rC60xi (Fujifilm, Япония), иглу B. Braun Stimuplex A150, G20 (B. Braun, Германия). Раствор для выполнения РА состоял из 30 мл 0,5% раствора ропивакаина (ООО «Велфарм», Россия), 1–2 мл 0,4% раствора дексаметазона («Эллара», Россия) и адреналина (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) в разведении 1:200 000.

Для выполнения ББН датчик устанавливали перпендикулярно паховой складке, идентифицировали бедренную артерию и бедренный нерв. Производили вкол иглы в проекции датчика, получали стимуляцию четырёхглавой мышцы бедра и после отрицательной аспирационной пробы вводили весь объём подготовленного раствора.

iРАСК-блок выполняли по методике, разработанной в ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации [15]. Для этого ногу пациента

предварительно укладывали на валик и обеспечивали сгибание в коленном суставе на 30°, датчик располагали на медиальной поверхности бедра чуть выше надколенника, находили мышелки бедренной кости и подколенную артерию. Вкол иглы производили по нижнему краю датчика под углом 45°, конец иглы позиционировали между артерией и мышелком. После выполнения аспирационной пробы вводили 20 мл подготовленного раствора, постепенно извлекая иглу (рис. 1).

Для выполнения БПК датчик устанавливали на уровне средней трети медиальной поверхности бедра, визуализировали портняжную мышцу, бедренную артерию и подкожный нерв бедра. Вкол иглы производили по нижнему краю датчика, конец иглы помещали впереди по отношению к артерии. После отрицательной аспирационной пробы вводили 10 мл подготовленного раствора.

Исходы исследования

Основной исход исследования

Основным исходом исследования считали выраженность болевого синдрома по ВАШ, выраженность хирургического стресс-ответа в виде уровня концентраций кортизола и ИЛ-6 крови.

Дополнительные исходы исследования

Дополнительные исходы включали выполнение функциональных тестов, потребность в наркотических анальгетиках, качество восстановления после анестезии, наличие осложнений, таких как послеоперационная тошнота и рвота, и нежелательного сенсомоторного блока, наличие ХБС в отдалённом послеоперационном периоде.



Рис. 1. Схематическая визуализация изображения на мониторе ультразвукового аппарата при выполнении iPACK-блока по авторской методике. Стрелкой показано направление иглы.

Fig. 1. Schematic visualization of the image on the monitor of the ultrasound device when performing the iPACK block according to the author's methodology. The arrow shows the direction of the needle.

Методы регистрации исходов

Перед операцией у всех пациентов был собран анамнез, оценены демографические данные, произведён забор венозной крови. Продолжительность наблюдения за каждым пациентом от момента поступления в клинику до момента выписки составила 4–5 дней, длительность наблюдения в послеоперационном периоде — год после оперативного вмешательства. Интенсивность болевого синдрома оценивали с помощью ВАШ в мм отдельно в покое и при движениях через 6, 12, 18, 24, 36, 48 и 72 ч с момента окончания операции. Дополнительно фиксировали наличие болей в задней части коленного сустава через 24 ч после операции. Забор венозной крови производили в день операции (послеоперационный день 0, ПОД 0), а также в 1-й и 3-й послеоперационные дни (ПОД 1 и ПОД 3 соответственно). Цельную кровь забирали в вакуумные пробирки с активатором свёртывания и разделительным гелем Univac («Юнимед», Россия). Не позднее чем через 2 часа после взятия образцов с помощью центрифуги лабораторной СМ-6М (Elmi, Латвия) при режиме 3000 оборотов в минуту в течение 12 минут получали сыворотку, которую замораживали при температуре –80 °С до последующего анализа. Он проводился с помощью иммунохимического анализатора Tecan Austria Infinite F50 (Tecan Austria, Австрия). Для определения концентрации кортизола использовали набор реагентов СтероидИФА-кортизол (ООО «Компания Алкор Био», Россия), ИЛ-6 — набор Интерлейкин-6-ИФА-БЕСТ (АО «Вектор-Бест», Россия). Референсные значения были установлены согласно инструкции и составили 0–2000 нмоль/л и 0–10 пг/мл соответственно.

В день операции фиксировали потребность в опиоидах, время до первого требования наркотических анальгетиков. Расчёт эквивалентов морфина в миллиграммах проводился в соответствии с коэффициентами пересчёта эквипотенциальных доз опиоидов. Наличие нежелательных явлений оценивали через 12 ч и 24 ч после окончания операции с помощью шкалы послеоперационной тошноты и рвоты, а также с помощью теста PinPrick для определения сенсорного блока.

Помимо этого, оценивали сроки активизации пациентов, в ПОД 1 проводили функциональный тест «встань и иди» (Time Up and Go, TUG-тест) и фиксировали максимальную пройденную дистанцию. Для выполнения теста пациенту предлагали встать со стула без использования вспомогательных средств, пройти 3 м, вернуться и сесть обратно на стул. Затраченное на эту процедуру время в минутах записывали в качестве результата данного теста. Оценку качества восстановления после анестезии производили в ПОД 1 с использованием русифицированной анкеты QoR-15 [16].

Для оценки наличия или отсутствия ХБС, а также его выраженности и наличия нейропатического компонента использовали метод дистанционного анкетирования опросником Pain Detect путём телефонных обзвонков через 3, 6 и 12 месяцев после выписки.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 02 от 07.03.2024).

Статистические процедуры

Запланированный размер выборки

Для определения размера выборки был произведён поиск статей со схожим дизайном. По данным литературы, средняя дисперсия изучаемого признака составляет 235. Для нормальной совокупности 800 человек, уровня мощности 90%, предельно допустимой ошибки 5% и уровня статистической значимости $p < 0,05$, объём выборки составил 34,55 пациентов в группу. Таким образом, для исследования с 3 группами необходима выборка минимум 105 пациентов.

Статистические методы

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., США) и IBM SPSS Statistics 26.0.0.2 (IBM, США). Принадлежность количественных данных к нормальному распределению определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. В случае нормального распределения данные представлены в виде $M \pm SD$ (где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение), в случае ненормального — в виде Me [МКИ] (где Me — медиана, МКИ — межквартильный интервал). Качественные данные представлены в виде $p \pm \sigma$ (где p — процентная доля, σ — стандартное отклонение).

Для дальнейшей оценки нормально распределённых количественных данных проверяли гипотезу о равенстве дисперсий с помощью критерия Левене. При этом оценку различий между группами выполняли при помощи однофакторного дисперсионного анализа ANOVA с использованием апостериорного теста. В данном исследовании был выбран критерий Бонферрони и критерий Геймса–Хоуэлла в случае выявления неравенства дисперсий. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

При оценке количественных данных первоначально использовали критерий Краскела–Уоллиса. Дальнейшее попарное сравнение производили с помощью U-критерия Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,017$ (после поправки Бонферрони). Корреляцию измеряли посредством критерия Спирмена и считали значимой при $p < 0,01$.

Качественные данные подвергались анализу с использованием таблиц сопряжённости и критерия χ^2 Пирсона, а в случае ожидаемого количества менее 5 использовали точный критерий Фишера. Для качественных данных вычисляли относительный риск (ОР) и его 95% доверительный интервал (ДИ). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Формирование выборки

В исследование были предварительно включены 118 пациентов, 4 из которых были впоследствии исключены в соответствии с критериями невключения. Рандомизации подверглись 114 пациентов, из которых затем в ходе наблюдения были исключены ещё 5. Таким образом, конечному анализу подверглись 109 пациентов (рис. 2).

Характеристики выборки

Лица, включённые в исследование, сопоставимы по полу, возрасту, росту, массе тела, индексу массы тела. Статистически значимых различий физического состояния пациентов и оперируемой конечности также не было (табл. 1).

Основные результаты исследования

Оценка интенсивности болевого синдрома по ВАШ в покое и при движениях во всех временных точках показала, что в Группе I выраженность боли была статистически значимо выше, чем в группах сравнения. При этом в покое через 12, 36, 48 и 72 часа боль в Группе II статистически значимо выше, чем в Группе III (U-критерий Манна–Уитни, $p_{2,3}=0,015$; 0,001; 0,008 и 0,000 соответственно). При движениях аналогичные результаты отмечали через 6, 12, 18 и 36 часов ($p_{2,3}=0,010$; 0,007; 0,013 и 0,012 соответственно; рис. 3). Частота возникновения боли в задней части коленного сустава статистически значимо отличается во всех группах и наиболее выражена в Группе I, наименее — в Группе III (табл. 2). Прорывную боль регистрировали у $13,98 \pm 5,76\%$ ($n=5$) пациентов в группе OA и $5,71 \pm 3,92\%$ ($n=2$) в группе БН (ОР=2,431, 95% ДИ 0,504–11,712, $p > 0,05$). Напротив, в группе комбинации iPASC + БПК у $42,11 \pm 8,01\%$ ($n=16$) пациентов испытывали слабую боль (по ВАШ < 40 мм), наркотические анальгетики не потребовались.

При исследовании данных биохимических маркёров стресс-ответа, статистически значимые отличия выявлены при изучении концентрации кортизола сыворотки крови между группами I и III на всех этапах послеоперационного периода, а между группами II и III — в ПОД 1 и ПОД 3: $p_{1,3}=0,001$ в ПОД 0; $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,000$ в ПОД 1; $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,000$ в ПОД 3 (U-критерий Манна–Уитни). Стоит отметить, что в группе iPASC + БПК концентрация кортизола максимально падает на 1-е сутки после операции и прогрессивно увеличивается к 3-м суткам, в то время как в двух других группах на 1-е сутки концентрация кортизола возрастает максимально по сравнению с исходной и снижается к ПОД 3. Концентрация ИЛ-6 нарастает к ПОД 1 и снижается к ПОД 3. Его концентрация статистически ниже в Группе III на 1-й и 3-й дни после операции: $p_{1,3}=0,001$, $p_{2,3}=0,002$ в ПОД 1; $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,000$ в ПОД 3. Статистически значимой разницы между группами I и II по биохимическим маркёрам не отмечено ни на одном этапе наблюдения (рис. 4).

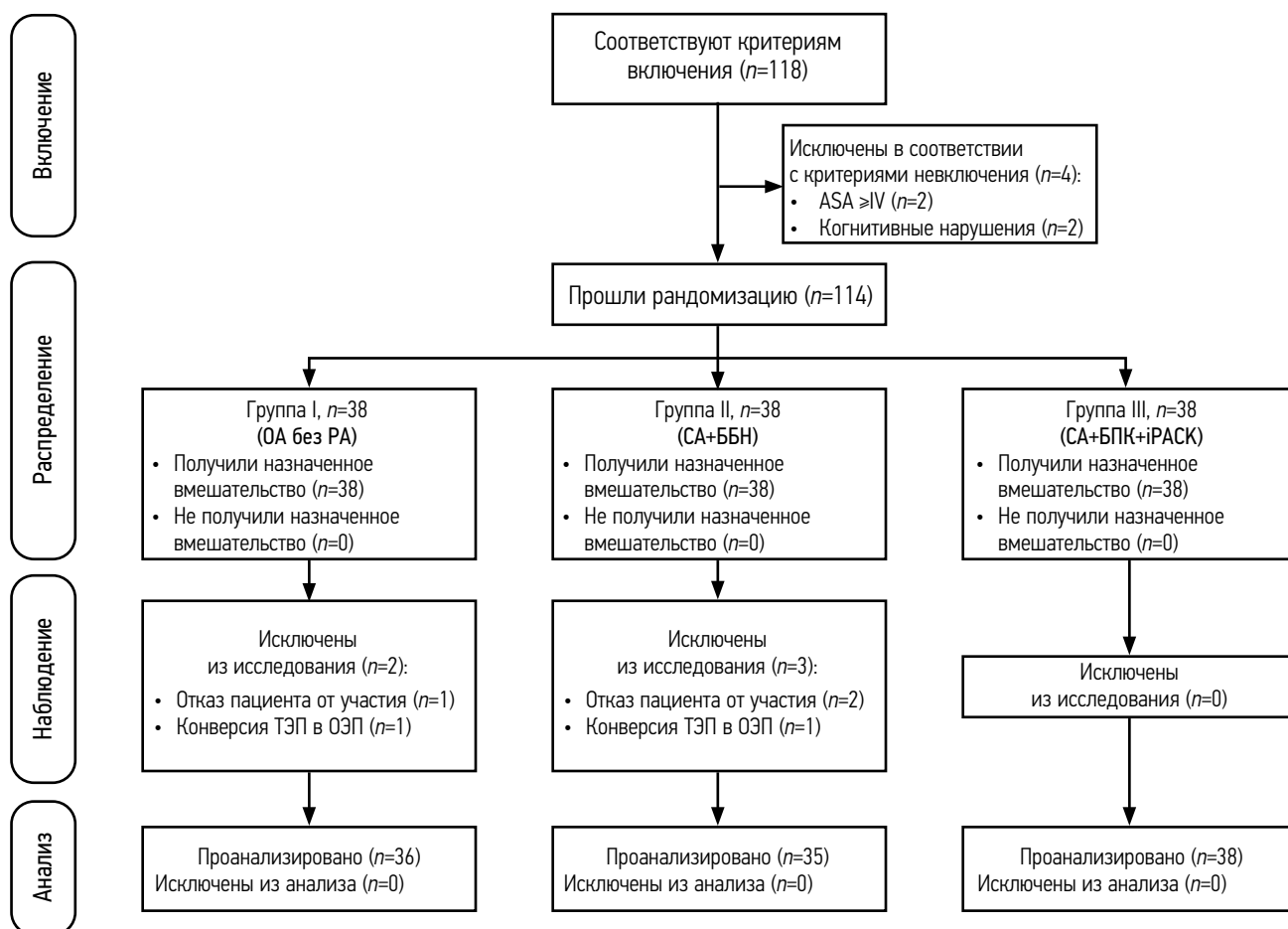


Рис. 2. Дизайн исследования. ASA — анестезиологическая оценка физического состояния пациента перед операцией, ОА — общая анестезия, СА — спинальная анестезия, ББН — блокада бедренного нерва, iРАСК — инфильтрация между подколенной артерией и мыщелком бедренной кости, БПК — блокада приводящего канала, ТЭП — тотальное эндопротезирование, ОЭП — одномыщелковое эндопротезирование.

Fig. 2. Study design. ASA — anesthetic assessment of the patient's physical condition before surgery, OA — general anesthesia, CA — spinal anesthesia, ББН — femoral nerve block, iРАСК — infiltration between the popliteal artery and the condyle of the femur, БПК — adductor canal block, ТЭП — total endoprosthesis, ОЭП — single-condyle endoprosthesis.

Таблица 1. Сравнение групп по исходным характеристикам

Table 1. Comparison of groups by initial characteristics

Демографические данные		Группа I ($n=36$) (ОА без РА)	Группа II ($n=35$) (СА + ББН)	Группа III ($n=38$) (СА + БПК + iРАСК)	p
Пол	Мужской ($n=11$)	8,33±4,61% ($n=3$)	5,71±3,92% ($n=2$)	15,79±5,92% ($n=6$)	0,329*
	Женский ($n=98$)	91,67±4,61% ($n=33$)	94,29±3,92% ($n=33$)	84,21±5,92% ($n=32$)	
Возраст, лет		66,56±4,65	64,60±4,39	66,05±7,67	0,243**
Масса тела, кг		82,56±9,79	83,49±9,34	83,03±11,58	0,932**
Рост, см		160,00 [157,00; 166,50]	164,00 [159,00; 166,00]	158,50 [156,00; 164,00]	0,072**
ИМТ, кг/м ²		32,19±4,08	31,77±3,95	32,63±4,53	0,714**
ASA	II ($n=45$)	47,22±8,32% ($n=17$)	45,71±8,42% ($n=16$)	31,58±7,54% ($n=12$)	0,319*
	III ($n=64$)	52,78±8,32% ($n=19$)	54,29±8,42% ($n=19$)	64,42±7,54% ($n=26$)	
Оперлируемая конечность	Правая ($n=47$)	55,56±8,28% ($n=20$)	42,86±8,36% ($n=15$)	31,58±7,54% ($n=12$)	0,465*
	Левая ($n=62$)	44,44±8,28% ($n=16$)	57,14±8,36% ($n=20$)	68,42±7,54% ($n=26$)	

Примечание. Значения количественных данных представлены в виде $M \pm SD$ для нормального распределения и Me [МКИ] для ненормального распределения. Значения качественных данных представлены в виде $p \pm \alpha$. * — χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие; ** — H -тест Краскела–Уоллиса. ИМТ — индекс массы тела; ASA — анестезиологическая оценка физического состояния пациента перед операцией; ОА — общая анестезия; РА — регионарная анестезия; СА — спинальная анестезия; ББН — блокада бедренного нерва; БПК — блокада приводящего канала; iРАСК — блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена.

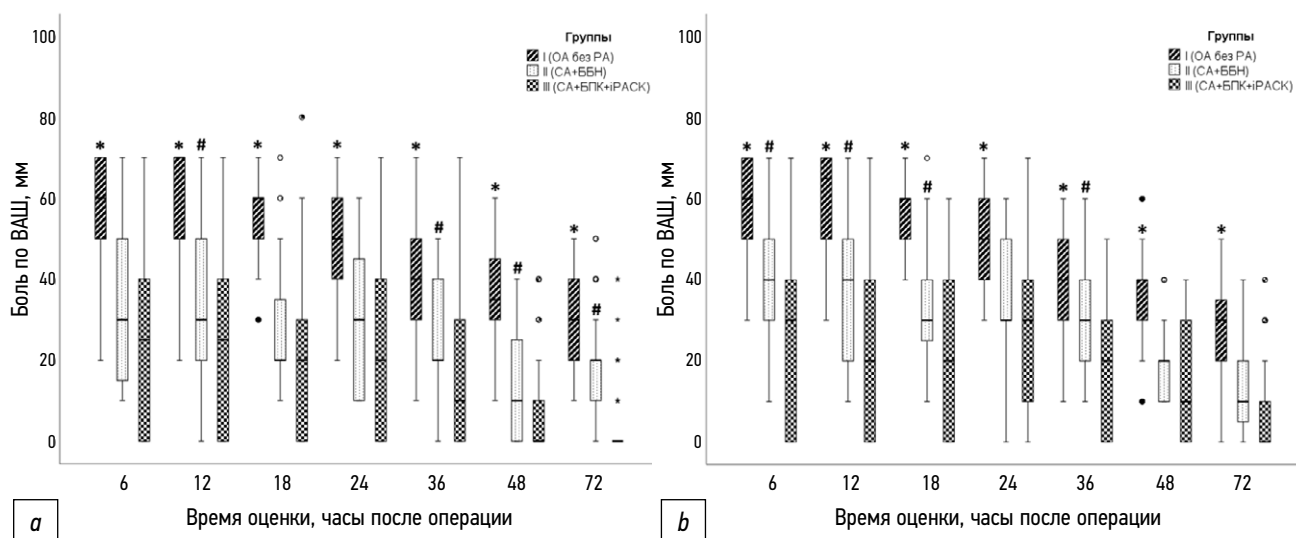


Рис. 3. Оценка болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале: *a* — в покое; *b* — при движении; * — $p_{1,2}$ и $p_{1,3} < 0,05$; # — $p_{2,3} < 0,05$; ОА — общая анестезия; РА — регионарная анестезия; СА — спинальная анестезия; ББН — блокада бедренного нерва; БПК — блокада приводящего канала; iРАСК — блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена.

Fig. 3. Assessment of pain syndrome on a visual analog scale: *a* — at rest; *b* — during movements; * — $p_{1,2}$ and $p_{1,3} < 0,05$; # — $p_{2,3} < 0,05$; ОА — general anesthesia; РА — regional anesthesia; СА — spinal anesthesia; ББН — femoral nerve block; БПК — adductor canal block; iРАСК — infiltration between the popliteal artery and the condyle of the femur.

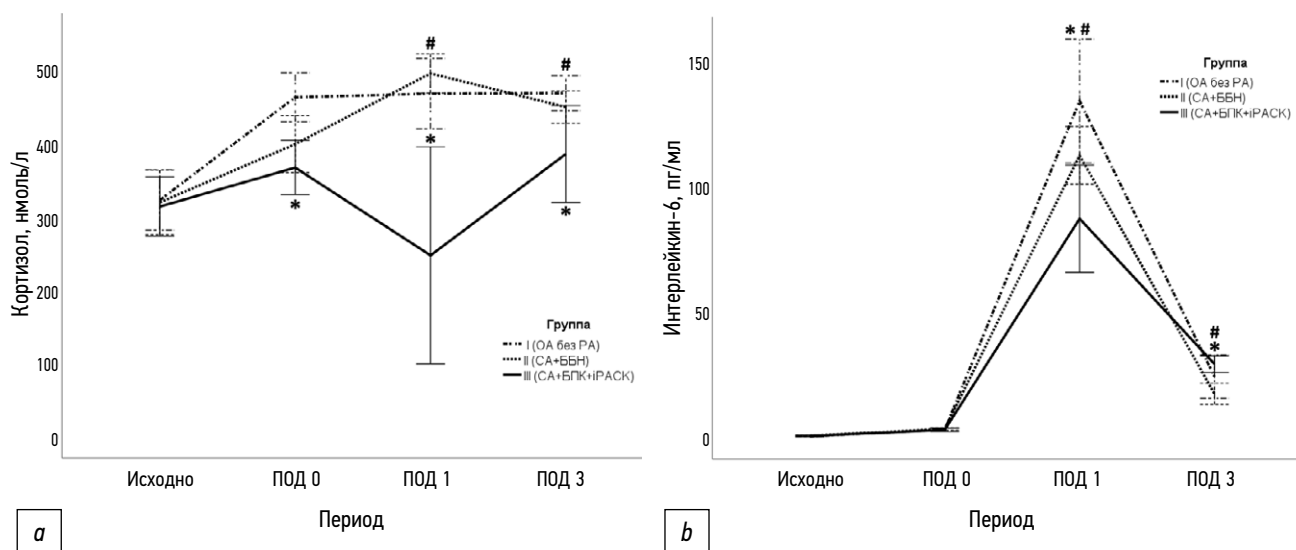


Рис. 4. Оценка уровня биохимических стресс-маркёров: *a* — концентрация кортизола; *b* — концентрация интерлейкина-6; * — $p_{1,3} < 0,05$; # — $p_{2,3} < 0,05$; ПОД — послеоперационный день; ОА — общая анестезия; РА — регионарная анестезия; СА — спинальная анестезия; ББН — блокада бедренного нерва; БПК — блокада приводящего канала; iРАСК — блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена.

Fig. 4. Assessment of the level of biochemical stress markers: *a* — cortisol level; *b* — IL-6 level; * — $p_{1,3} < 0,05$; # — $p_{2,3} < 0,05$; ПОД — postoperative day; ОА — general anesthesia; РА — regional anesthesia; СА — spinal anesthesia; ББН — femoral nerve block; БПК — adductor canal block; iРАСК — infiltration between the popliteal artery and the condyle of the femur.

Дополнительные результаты исследования

Пациенты Группы III показали наилучшие результаты функциональных тестов, одновременно с этим пациенты Группы II справились лучше пациентов контрольной группы. Так, пациенты группы iРАСК + БПК прошли большее расстояние и лучше справились с тестом «встань и иди». Мы получили сильную отрицательную корреляционную связь между испытываемой болью при движениях

и пройденной дистанцией ($r_s = -0,760$, $p = 0,000$), умеренную отрицательную между концентрацией кортизола в ПОД 1 и ПОД 3 и пройденной дистанцией ($r_s = -0,411$, $p = 0,000$ и $r_s = -0,445$, $p = 0,000$ соответственно) умеренную положительную между концентрацией ИЛ-6 в ПОД 3 и пройденной дистанцией ($r_s = 0,400$, $p = 0,000$). Пациенты Группы III активизировались раньше остальных пациентов в среднем на 13 ч (см. табл. 2).

Таблица 2. Функциональные тесты, выполненные в послеоперационном периоде**Table 2.** Functional tests performed in the postoperative period

Тесты	Группа I (n=36) (ОА без РА)	Группа II (n=35) (СА + ББН)	Группа III (n=38) (СА + БПК + iРАСК)	p
Боль в задней капсуле колена, %	88,89±5,24 (n=32)	48,57±8,45 (n=17)	21,05±6,61 (n=8)	0,000* $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$ $p_{2,3}=0,016$
Время первой активизации, часы	20,75 [19,63; 23,25]	21,17 [18,17; 23,25]	7,00 [6,63; 7,50]	0,000** $p_{1,2}=0,809$ $p_{1,3}=0,000$ $p_{2,3}=0,000$
Тест «встань и иди», с	115,78±7,89	108,63±7,01	101,26±3,90	0,000*** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$ $p_{2,3}=0,000$
Дистанция ходьбы, м	7,00 [7,00; 8,00]	9,00 [8,00; 10,00]	15,00 [12,00; 16,00]	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$ $p_{2,3}=0,000$
Тест QoR-15, баллы	81,50 [80,00; 95,75]	92,00 [85,00; 96,00]	122,00 [107,50; 129,25]	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$ $p_{2,3}=0,000$

Примечание. Значения количественных данных представлены в виде $M \pm SD$ для нормального распределения и Me [МКИ] для ненормального распределения. Значения качественных данных представлены в виде $r \pm \sigma$. * — χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие с последующим попарным сравнением точным критерием Фишера; ** — H -тест Краскела–Уоллиса с дальнейшим попарным сравнением U -критерием Манна–Уитни ($p=0,017$); *** — ANOVA с последующим анализом с помощью критерия Бонферрони и Геймса–Хоуэлла; ОА — общая анестезия; РА — регионарная анестезия; СА — спинальная анестезия; ББН — блокада бедренного нерва; БПК — блокада приводящего канала; iРАСК — блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена.

Средняя послеоперационная потребность в опиоидах статистически различалась во всех трёх группах и составила 100 [100; 200] мг, 100 [100; 100] мг и 0 [0; 100] мг трамадола в группах I, II и III соответственно (U -критерий Манна–Уитни, $p_{1,2}=0,014$, $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,000$). Тримеперидина в Группе I потребовалось 0 [0; 0] мг против 40 [40; 40] мг и 0 [0; 20] мг в группах II и III соответственно ($p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,000$), морфина — 20 [10; 20] мг, 0 [0; 0] мг и 0 [0; 0] мг для групп по порядку ($p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,002$; рис. 5, а). При пересчёте на эквиваленты морфина в миллиграммах пациенты получали по 70 [50; 70] мг, 70 [70; 70] мг и 30 [10; 30] мг в сутки в группах соответственно ($p_{1,2}=0,060$, $p_{1,3}=0,001$, $p_{2,3}=0,001$). Среднее время до первого требования наркотических анальгетиков также статистически значимо отличалось во всех группах и было в 5,75 раза больше в Группе III, чем в Группе I, и почти в 2 раза больше в Группе II, чем в Группе I ($p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,002$; рис. 5, б).

Оценка качества восстановления после анестезии по опроснику QoR-15 была наибольшей в группе iРАСК + БПК, а наименьшей — в группе ОА. Пациенты Групп I и II отмечали наличие сильной боли, чувства беспокойства и ухудшение качества сна, кроме того, пациенты Группы I жаловались на тошноту или рвоту.

Вид анестезии влиял на развитие тошноты и рвоты в послеоперационном периоде. Так, статистически значимые отличия показала оценка развития послеоперационной тошноты и рвоты по группам и часам (точный критерий Фишера; $p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$, $p_{2,3}=0,421$ через 12 ч и $p_{1,2}=0,841$, $p_{1,3}=0,008$, $p_{2,3}=0,021$ через 24 ч). Через 12 часов 58,3% ($n=21$) пациентов Группы I пожаловались на наличие тошноты, 16,7% ($n=6$) испытали рвоту. При этом относительный риск возникновения тошноты и/или рвоты при использовании ОА по сравнению с методами РА составил: ОР=3,221 (95% ДИ 2,039–5,087), $p < 0,05$ через 12 ч; ОР=1,487 (95% ДИ 1,087–2,171), $p < 0,05$ через 24 ч.

Исследование зоны иннервации подкожного нерва с помощью теста PinPrick аналогично показало различия в группах. Среди пациентов Группы II через 12 ч по медиальной поверхности колена и голени онемение отмечали 5,7% ($n=2$), а полное отсутствие чувствительности — 2,9% ($n=1$); среди пациентов Группы III — 36,8% ($n=14$) и 7,9% ($n=3$) соответственно. При этом в Группе I онемение отметили 11,1% ($n=4$) пациентов, а полной анестезии в этой группе не отмечалось. Через 24 ч полное отсутствие чувствительности было только в Группе II у 2,9% ($n=1$): $p_{1,2}=0,674$, $p_{1,3}=0,003$, $p_{2,3}=0,001$ через 12 ч; $p_{1,2}=0,674$, $p_{1,3}=0,004$, $p_{2,3}=0,000$ через 24 ч (точный критерий

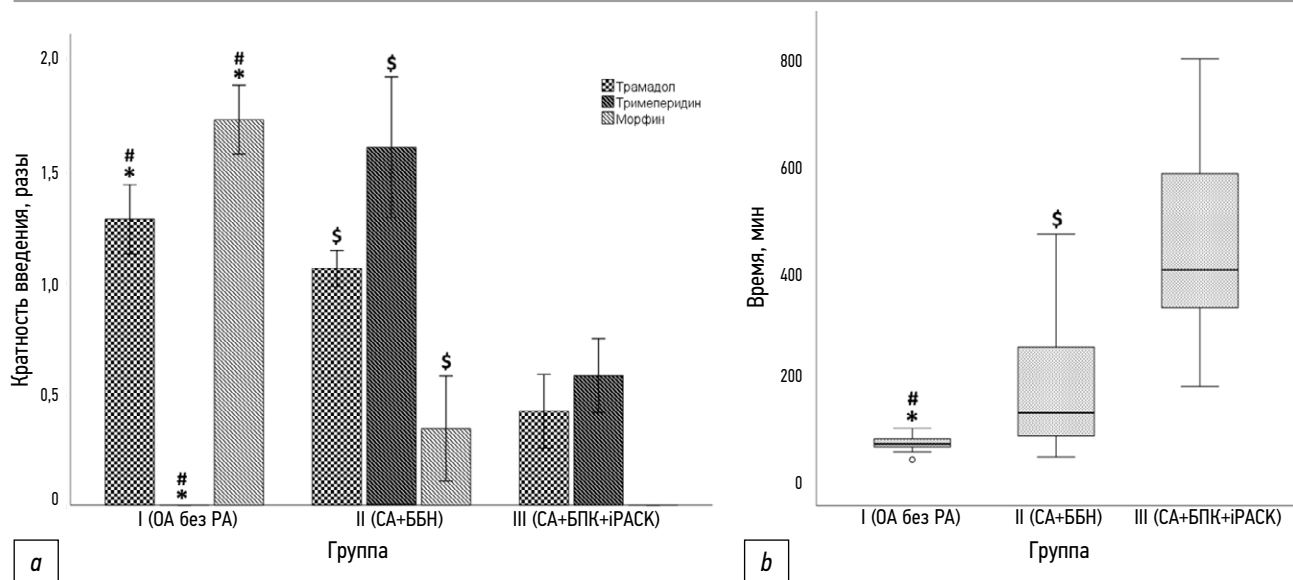


Рис. 5. Оценка послеоперационного обезболивания: *a* — потребность в анальгетиках; *b* — время до первого требования анальгетика; * — $p_{1,2} < 0,05$; # — $p_{1,3} < 0,05$; \$ — $p_{2,3} < 0,05$; ОА — общая анестезия; РА — регионарная анестезия; СА — спинальная анестезия; ББН — блокада бедренного нерва; БПК — блокада приводящего канала; iРАСК — блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена.

Fig. 5. Assessment of postoperative anesthesia: *a* — need for analgesics; *b* — time until the first demand for analgesics; * — $p_{1,2} < 0,05$; # — $p_{1,3} < 0,05$; \$ — $p_{2,3} < 0,05$; ОА — general anesthesia; РА — regional anesthesia; СА — spinal anesthesia; ББН — femoral nerve block; БПК — adductor canal block; iРАСК — infiltration between the popliteal artery and the condyle of the femur.

Фишера). Риск возникновения сенсорной блокады в группах с использованием РА относительно группы ОА составил: $OR=1,336$ (95% ДИ 1,048–1,705, $p < 0,05$) через 12 ч; $OR=1,316$ (95% ДИ 1,026–1,686, $p < 0,05$) через 24 ч.

При оценке ХБС в послеоперационном периоде мы получили статистические различия между группой ОА и группой, в которой выполнили iРАСК + БПК, через полгода после операции (см. табл. 3). При этом риск возникновения послеоперационного ХБС в группе

ОА относительно РА составил: $OR=2,028$ (95% ДИ 0,881–4,666, $p > 0,05$) через 3 месяца; $OR=3,224$ (95% ДИ 1,143–9,213, $p < 0,05$) через 6 месяцев; $OR=3,549$ (95% ДИ 1,110–11,341, $p < 0,05$) через 12 месяцев. Признаки нейропатической боли среди всех случаев ХБС отмечались у 10 (55,55±11,71%) пациентов через 3 месяца, у 7 (53,84±13,83%) — через 6 месяцев, и у 6 (50,00±14,43%) — через год. Статистической разницы между группами не наблюдалось.

Таблица 3. Оценка хронического послеоперационного болевого синдрома

Table 3. Assessment of chronic postoperative pain syndrome

Время оценки	Группа I (n=36) (ОА без РА)	Группа II (n=35) (СА + ББН)	Группа III (n=38) (СА + БПК + iРАСК)	<i>p</i>
ХБС через 3 месяца, %	25,00±7,24 (n=9)	14,29±5,91 (n=5)	10,53±4,98 (n=4)	0,247* $p_1p_2=0,202$ $p_1p_3=0,091$ $p_2p_3=0,447$
ХБС через 6 месяцев, %	22,22±6,93 (n=8)	8,57±4,73 (n=3)	5,26±3,62 (n=2)	0,061* $p_1p_2=0,103$ $p_1p_3=0,035$ $p_2p_3=0,460$
ХБС через 12 месяцев, %	19,44±6,60 (n=7)	5,71±3,92 (n=3)	5,26±3,62 (n=2)	0,079* $p_1p_2=0,082$ $p_1p_3=0,064$ $p_2p_3=0,661$

Примечание. Значения количественных данных представлены в виде $M \pm SD$ для нормального распределения и Me [МКИ] для ненормального распределения. Значения качественных данных представлены в виде $p \pm \sigma$. * — χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие с последующим попарным сравнением точным критерием Фишера; ХБС — хронический болевой синдром; ОА — общая анестезия; РА — регионарная анестезия; СА — спинальная анестезия; ББН — блокада бедренного нерва; БПК — блокада приводящего канала; iРАСК — блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена.

Нежелательные явления

За всё время проведения исследования не было зарегистрировано нежелательных явлений, таких как непреднамеренная пункция подколенной артерии или капсулы коленного сустава, внутрисосудистое введение анестетика, проявление системной токсичности местных анестетиков, случаев падений и травм пациентов в раннем послеоперационном периоде, нагноений в раннем и отдалённом послеоперационном периодах, тромбозов глубоких вен.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме результатов исследования

Наше исследование показало, что РА, а именно сочетание СА с iРАСК + БПК, эффективно снижает выраженность послеоперационной боли при операциях ТЭКС по сравнению с ОА. Предложенный способ из комбинации блокад iРАСК + БПК значительно уменьшает хирургический стресс-ответ и потребность в наркотических анальгетиках, а также способствует ранней активизации пациентов по сравнению с изолированной БН или ОА без РА. Кроме того, после комбинации блокад у пациентов реже развивался послеоперационный ХБС. В группе ОА пациенты чаще отмечали плохое качество сна, эметический синдром, меньшую удовлетворённость обезболиванием.

Интерпретация результатов исследования

ОА правомерно остаётся равноправным способом обезбоживания при ТЭКС. Однако известно, что регионарные методы блокируют афферентную импульсацию и снижают уровень стрессовой адренергической стимуляции. Согласно метаанализу Х. Хуе и соавт. [11], комбинация iРАСК + БПК эффективнее облегчает боль как в покое, так и при движении (на 78% и 87% соответственно), снижает потребность в опиоидах почти на 90% в течение 48 часов и ускоряет функциональное восстановление. Вариант комбинации БН + iРАСК также уменьшает боль в состоянии покоя (на 42%) и снижает потребление опиоидов (на 68%) в течение 24 часов, однако повышает риск возникновения моторной блокады. Наше исследование полностью подтвердило данные результаты. Ранняя активизация пациентов в группе iРАСК + БПК по сравнению с пациентами изолированной БН объяснима отсутствием моторного блока в первой.

Исследований, одновременно оценивающих уровни стресс-маркёров и эффективность различных методов анестезии при операциях ТЭКС, не так много. В недавнем двойном слепом плацебо-контролируемом исследовании [17] авторы сравнивали ОА и сочетание ОА + iРАСК + БПК и получили аналогичные результаты. Так, уровень боли был выше в группе ОА практически во всех временных точках в течение первых 48 часов

($p < 0,05$) [по передней части коленного сустава: через 4, 8, 16 и 24 ч после операции ($p < 0,05$); по задней части: в покое — через 4, 8, 16 и 24 ч, при движениях — через 4, 8, 16, 24 и 48 ч ($p < 0,05$)]. Доза опиоидных анальгетиков при использовании iРАСК + БПК была значительно ниже, чем в группе плацебо: ремифентанил — $599,0 \pm 88,3$ мкг против $656,1 \pm 99,0$ мкг, $p < 0,05$; фентанил — $438,5 [403,0-486,5]$ мкг/сут против $470,0 [430,5-503,5]$ мкг/сут, $p < 0,05$. Результаты функциональных тестов также были выше в группе блокады через 8 и 24 ч: сгибание колена через 8 ч ($96,2 \pm 8,0^\circ$ против $87,1 \pm 10,9^\circ$, $p < 0,001$) и 24 ч ($99,9 \pm 7,1$ против $91,1 \pm 10,2$, $p < 0,001$). Концентрация ИЛ-6 в группе ропивакаина в ПОД 1 была достоверно ниже ($10,6 \pm 5,5$ пг/мл против $15,4 \pm 8,3$ пг/мл, $p < 0,05$). ХБС развивался в 30,4% в группе РА против 51,1% в группе ОА.

В нашем исследовании концентрация кортизола — одного из ключевых гормонов стресса — в ПОД 1 снижалась в группе iРАСК + БПК, но повышалась в группах ОА и СА + БН. К третьему дню различия постепенно выравнивались. При этом наблюдалась закономерная связь: чем сильнее боль, тем выше была концентрация кортизола.

В рандомизированном контролируемом исследовании (РКИ) 2019 года изучали концентрацию кортизола сыворотки крови в ПОД 1, 3, 7 и 10 после ТЭКС [19]. Авторы выявили, что содержание кортизола может использоваться для контроля выраженности болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде. При этом в ПОД 1 содержание кортизола составило $333,7 [97,3; 492,6]$ нмоль/л по сравнению с исходным $435,5 [330,6; 533,5]$ нмоль/л ($p < 0,05$). На 3-и, 7-е и 10-е сутки статистически значимых различий по сравнению с исходной концентрацией не обнаружено. Таким образом, в ПОД 1 концентрация кортизола снижается, подобно нашим результатам в группе iРАСК + БПК, что может свидетельствовать о наиболее адекватном способе интра- и послеоперационного обезбоживания у этой группы пациентов с ТЭКС.

В другом РКИ [20] результаты были схожими с нашими относительно группы ОА. В течение первого часа после операционного вмешательства концентрация кортизола была выше в группе ОА, чем в группе РА ($24,24 \pm 5,72$ мкг/дл против $10,69 \pm 5,18$ мкг/дл, $p = 0,044$), однако достоверных различий во временных точках через 3 и 24 ч не было.

ИЛ-6 — ещё один маркёр воспаления и боли — обычно достигает пика значений на первые сутки после операции, а затем начинает снижаться. Его концентрация положительно коррелирует с интенсивностью боли в покое в ПОД 1 и при ходьбе в ПОД 1–3 после ТЭКС [21, 22]. Тем не менее данные исследований достаточно противоречивы. В РКИ 2016 года [23] через 24 ч после операции наблюдали повышение концентрации ИЛ-6 по сравнению с исходной, но существенных различий между группами с ОА и СА обнаружено не было.

В нашем исследовании группы с РА показали меньшую потребность в опиоидах, большую удовлетворённость качеством анестезии и анальгезии и большую скорость восстановления после операции, по сравнению ОА без РА. Метаанализ J.M. Lamo-Espinosa и соавт. [24] подтверждает, что выполнение СА за счёт адекватного обезболивания, способствующего ранней мобилизации, функциональному восстановлению и снижению потребности в опиоидах, повышает вероятность ранней выписки (ОР=1,62; 95% ДИ 1,17–2,24; $p < 0,05$), тогда как ОА, напротив, повышает риск задержки в стационаре (ОР=0,58; 95% ДИ 0,42–0,80; $p < 0,05$).

По данным нашего исследования, через 3 месяца после ТЭКС послеоперационная хроническая боль развилась у 16,51% пациентов, через полгода — у 11,93%, а через год — у 10,09%. При этом в группах с использованием РА распространённость ХБС статистически значимо ниже, однако разницы по нейропатическому компоненту не наблюдалось. Аналогичные результаты получили в РКИ S.C. Sciberras и соавт. [25]. При оценке по шкале WOMAC через 3 месяца после операции группа СА показала лучшие результаты по сравнению с ОА в секции «боль» (2,69 балла против 3,04 балла, $p=0,02$) и «функция» (14,4 балла против 16,9 балла $p=0,015$). ХБС наблюдался у 11% среди всех пациентов, при этом через 6 месяцев в группе ОА частота была выше. Близкие результаты получили в российском РКИ в 2020 году [26]. Наличие ХБС отмечено у 16 (15,4%) пациентов после ТЭКС, из которых 4 (7,5%) из группы комбинированной спинально-эпидуральной анестезии и 12 (23,53%) пациентов — из группы ОА ($p < 0,05$). При этом нейропатический компонент отмечался у 62,5% пациентов. При оценке по шкале WOMAC результаты были ниже в группе комбинированной спинально-эпидуральной анестезии (85,7±9,99 балла против 99,0±11,68 балла, $p < 0,01$; 81,3±10,19 балла против 93,8±11,31 балла, $p < 0,01$; 78,7±10,48 балла против 89,9±10,77 балла, $p < 0,01$ — через 3, 6 и 12 мес соответственно). Можно сделать вывод, что РА не только эффективно купирует послеоперационную боль, но и снижает риск перехода боли в хроническую форму, что, вероятно, связано с прерыванием потока афферентной ноцицептивной импульсации и предотвращением развития феномена центральной сенсibilизации.

Ограничения исследования

Ограничением исследования может служить возможно малый размер выборки для оценки послеоперационного ХБС, поскольку расчёт производился для изучения основной цели исследования — биохимических маркёров стресс-исследований. Необходимо продолжить исследование, чтобы достаточно оценить распространённость в популяции и корреляцию с концентрациями кортизола и интерлейкинов. К тому же мы не проводили биохимическое исследование на этапе послеоперационного

контроля, что следует учесть при проведении последующих исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регионарная анестезия в виде сочетания спинальной анестезии с комбинацией iРАСК и блокадой приводящего канала является наиболее эффективным и безопасным способом периоперационного обезболивания при операциях первичного ТЭКС по сравнению с общей анестезией, а также уменьшает проявления хирургического стресс-ответа, снижает потребность в анальгетиках и способствует раннему функциональному восстановлению коленного сустава.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Т.О. Андрианова — сбор и анализ данных, определение концепции, валидация, визуализация, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование статьи; А.А. Ежеская — определение концепции, сбор и анализ данных, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование статьи; С.А. Герасимов — сбор и обработка данных; И.М. Никитин — сбор и анализ данных; В.И. Загреков — пересмотр и редактирование статьи. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируют надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Благодарность. Выражаем благодарность биологу Наргизян А.З. за помощь в проведении биохимических исследований.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 02 от 07.03.2024).

Источники финансирования. Отсутствуют

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние 36 месяцев с третьими лицами (физическими и юридическими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При проведении исследования и создании настоящей статьи авторы не использовали ранее полученные и опубликованные сведения (данные, текст, иллюстрации).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: T.O. Andrianova: data curation, formal analysis, conceptualization, validation, visualization, writing—original draft, writing—review & editing; A.A. Ezhevskaya: conceptualization, data curation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; S.A. Gerasimov: data curation; I.M. Nikitin: data curation, formal analysis; V.I. Zagrekov: writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to biologist A.Z. Nargizyan for assistance with biochemical analyses.

Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of Privolzhsky Research Medical University (Minutes No. 02 dated March 7, 2024).

Funding sources: None.

Disclosure of interests: The authors declare that over the past three years, they have had no relationships, activities, or interests, related to third parties (commercial and non-commercial), whose interests could be affected by the content of the article.

Statement of originality: When conducting the research and creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability: The data sharing policy is not applicable to this work.

Generative AI: Language model-based tools (GPT-5, OpenAI, 2025) were utilized solely for editorial assistance — specifically for checking logical consistency, stylistic clarity, and typographical accuracy. Generative functions of the model were not employed in the creation or writing of the article's content.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Nielsen NI, Kehlet H, Gromov K, et al. High-dose steroids in high pain responders undergoing total knee arthroplasty: a randomised double-blind trial. *Br J Anaesth.* 2022;128(1):150–158. doi: 10.1016/j.bja.2021.10.001 EDN: QJDXHW
2. DeFrance MJ, Scuderi GR. Are 20% of Patients Actually Dissatisfied Following Total Knee Arthroplasty? A Systematic Review of the Literature. *J Arthroplasty.* 2023;38(3):594–599. doi: 10.1016/j.arth.2022.10.011 EDN: KIZFBQ
3. Radziukevich ON. Formation of surgical stress response and the efficiency of anesthesia during surgical correction of spine deformations depending on the type of anesthesia. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A.L. Polenov.* 2022;14(3):63–71. doi: 10.56618/20712693_2022_14_3_63 EDN: OMENLT
4. Menger MM, Histing T, Laschke MW, et al. Cortisol stress response after musculoskeletal surgery: a narrative review. *EFORT Open Rev.* 2025;10(4):186–192. doi: 10.1530/EOR-2024-0126 EDN: HOXKYK
5. Wilson JM, Yoon J, Mun CJ, et al. The association between changes in clinical pain severity and IL-6 reactivity among patients undergoing total knee Arthroplasty: The moderating role of change in insomnia. *Brain Behav Immun.* 2024;120:199–207. doi: 10.1016/j.bbi.2024.06.001 EDN: SKVFLB
6. Beydoun RS, Hefelfinger DC, Wright DP, et al. Neuraxial versus General Anesthesia for Primary Total knee arthroplasty: A Retrospective Analysis Comparing Postoperative Outcomes and Rates of Complications. *Journal of Orthopaedics.* 2025;71:203–206. doi: 10.1016/j.jor.2025.08.055 EDN: MAMAEI
7. Hewson DW, Tedore TR, Hardman JG. Impact of spinal or epidural anaesthesia on perioperative outcomes in adult noncardiac surgery: a narrative review of recent evidence. *Br J Anaesth.* 2024;133(2):380–399. doi: 10.1016/j.bja.2024.04.044 EDN: RQLNSE
8. Davies S, Kumar AH, Grant SA, Gadsden J. Updates in Enhanced Recovery Pathways for Total Knee Arthroplasty. *Anesthesiology Clinics.* 2025;43(4):659–671. doi: 10.1016/j.anclin.2025.07.006
9. Diulus SC, Mucharraz C, Schmitt DR, Brown NM. Morbidity and Mortality Following Total Hip and Knee Arthroplasty With Spinal Versus General Anesthesia: A Retrospective Analysis. *J Arthroplasty.* 2024;39(11):2675–2679. doi: 10.1016/j.arth.2024.04.070 EDN: DQWGHX
10. Chen Y, Lin J, Chen X, et al. The addition of peripheral nerve blocks to routine spinal or general anesthesia was associated with decreased risks of major adverse events after total hip or knee arthroplasty: A retrospective, propensity score-matched cohort study. *Heliyon.* 2024;10(12):e32441. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e32441 EDN: KVBQTY
11. Xue X, Lv X, Ma X, et al. Postoperative pain relief after total knee arthroplasty: A Bayesian network meta-analysis and systematic review of analgesic strategies based on nerve blocks. *J Clin Anesth.* 2024;96:111490. doi: 10.1016/j.jclinane.2024.111490 EDN: KQPXYW
12. White L, Kerr M, Thang C, Pawa A. Motor-sparing regional anaesthesia for total knee arthroplasty: a narrative and systematic literature review. *Br J Anaesth.* 2025;134(2):510–522. doi: 10.1016/j.bja.2024.10.041 EDN: IZAIIEY
13. de Ladoucette A. Management of perioperative pain after TKA. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2023;109(1S):103443. doi: 10.1016/j.otsr.2022.103443 EDN: QBLEWT
14. Simpson JC, Bao X, Agarwala A. Pain Management in Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Protocols. *Clin Colon Rectal Surg.* 2019;32(2):121–128. doi: 10.1055/s-0038-1676477
15. Patent RUS №2821763 26.06.24. Byul. №18. Andrianova TO, Ezhevskaia AA. *Method for infiltration of peripheral nerves in operations in area of knee joint.* EDN: FRNLFS
16. Nikitina TP, Kulikov AY, Mishina AA, et al. Development and testing of the Russian version of postoperative Quality of Recovery score - the QoR-40 and its short form - QoR-15. *Annals of Critical Care.* 2022;2:132–142. doi: 10.21320/1818-474X-2022-2-132-142 EDN: FGXLIZ
17. Yin W, Luo D, Xu W, et al. Effect of adductor canal block combined with infiltration between the popliteal artery and posterior capsular of the knee on chronic pain after total knee arthroplasty: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *BMC Anesthesiol.* 2024;24(1):320. doi: 10.1186/s12871-024-02707-2 EDN: ORNKUO
18. Mehta A, Vijay A, Gohir SA, et al. Serum Metabolome Analysis Identified Amino-Acid Metabolism Associated With Pain in People With Symptomatic Knee Osteoarthritis - A Cross-Sectional Study. *J Pain.* 2023;24(7):1251–1261. doi: 10.1016/j.jpain.2023.02.023 EDN: ONILKY
19. Abialevich A, Marochkov A, Abialevich O. The Method of Early Rehabilitation and the Dynamics of Serum Cortisol in Patients after Total Knee Replacement. *Surgery. Eastern Europe.* 2019;8(2):162–171. EDN: ACPKLF
20. Edipoglu IS, Celik F. The Associations Between Cognitive Dysfunction, Stress Biomarkers, and Administered Anesthesia Type in Total Knee Arthroplasties: Prospective, Randomized Trial. *Pain Physician.* 2019;22(5):495–507 doi: 10.36076/ppj/2019.22.495
21. Si HB, Yang TM, Zeng Y, et al. Correlations between inflammatory cytokines, muscle damage markers and acute postoperative pain following primary total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):265. doi: 10.1186/s12891-017-1597-y EDN: WCOCVL
22. Mackie M, Barton KI, Sokol-Randell D, Lanting B. The Use of Biomarkers to Quantify Clinical Response to Total Knee Arthroplasty Interventions: A Systematic Review. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2024;8(4):e23.00202. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-23-00202 EDN: FXHWSA
23. Eroğlu M, Kokulu S, Koca HB, et al. The effects of general and spinal anesthesia on systemic inflammatory response in patients undergoing total knee arthroplasty. *Eklem Hastalik Cerrahisi.* 2016;27(3):153–159. doi: 10.5606/ehc.2016.31
24. Lamo-Espinosa JM, Mariscal G, Gómez-Álvarez J, et al. Causes and risk factors for same-day discharge failure after total hip and knee arthroplasty: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2024;14(1):12627. doi: 10.1038/s41598-024-63353-9 EDN: YYXGNS
25. Sciberras SC, Vella AP, Vella B, et al. A randomized, controlled trial on the effect of anesthesia on chronic pain after total knee arthroplasty. *Pain Manag.* 2022;12(6):711–723. doi: 10.2217/pmt-2021-0081 EDN: FHGBOB
26. Politov ME, Panov NV, Ovechkin AM, Sokologorsky SV. The influence of anesthesia and analgesia on the formation of chronic pain syndrome in patients under-going total knee or hip arthroplasty. Article. *Annals of Critical Care.* 2020;1:25–32. doi: 10.21320/1818-474X-2020-1-25-32 EDN: XJTROU

ОБ АВТОРАХ

*** Андрианова Татьяна Олеговна;**

адрес: Россия, 603000, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1;

ORCID: 0000-0002-4302-9925;

eLibrary SPIN: 1353-2809;

e-mail: tanya_andrianova_9@mail.ru

Ежевская Анна Александровна, д-р мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-9286-4679;

eLibrary SPIN: 2371-2825;

e-mail: annaezhe@yandex.ru

Герасимов Сергей Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-3179-9770;

eLibrary SPIN: 9677-3426;

e-mail: gerasimoff@list.ru

Никитин Иван Михайлович;

ORCID: 0009-0001-8664-651X;

eLibrary SPIN: 6613-7725;

e-mail: ivan.nikitin02@mail.ru

Загреков Валерий Иванович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0001-8235-7705;

eLibrary SPIN: 7257-0344;

e-mail: zagrekov@list.ru

AUTHORS INFO

*** Tatyana O. Andrianova;**

address: 10/1 Minin and Pozharsky sq, Nizhny Novgorod, Russia, 603000;

ORCID: 0000-0002-4302-9925;

eLibrary SPIN: 1353-2809;

e-mail: tanya_andrianova_9@mail.ru

Anna A. Ezhevskaya, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor;

ORCID: 0000-0002-9286-4679;

eLibrary SPIN: 2371-2825;

e-mail: annaezhe@yandex.ru

Sergey A. Gerasimov, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-3179-9770;

eLibrary SPIN: 9677-3426;

e-mail: gerasimoff@list.ru

Ivan M. Nikitin;

ORCID: 0009-0001-8664-651X;

eLibrary SPIN: 6613-7725;

e-mail: ivan.nikitin02@mail.ru

Valeriy I. Zagrekov, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0001-8235-7705;

eLibrary SPIN: 7257-0344;

e-mail: zagrekov@list.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author