

DOI: <https://doi.org/10.17816/RA568266>

Выбор оптимального метода регионарной анестезии при операциях тотального эндопротезирования коленного сустава: проспективное двойное слепое рандомизированное плацебоконтролируемое исследование

Т.О. Андрианова, А.А. Ежевская, В.О. Сушин, В.И. Загреков

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Несмотря на бурное развитие и широкое распространение новых методов ультразвук-ассистированной регионарной анестезии, таких как блокада приводящего канала (БПК) и инфильтрация пространства между подколенной артерией и мышечком бедренной кости (айПАК-блок), обеспечение адекватного обезболивания пациентов с перенесённым тотальным эндопротезированием коленного сустава (ТЭКС) по-прежнему остаётся насущной проблемой анестезиолога, поскольку универсальной схемы применения блокад или их комбинаций не разработано.

Цель. Оценить влияние комбинаций разных видов айПАК-блока с БПК при ТЭКС на эффективность анальгезии и скорость восстановления функций коленного сустава.

Материалы и методы. На протяжении 9 мес проведено двойное слепое рандомизированное плацебо-контролируемое исследование пациентов, перенёвших ТЭКС. Исходно отобранные согласно критериям включения 106 человек (13 мужчин и 93 женщин, средний возраст $64,06 \pm 7,35$ года) были разделены на 3 группы: I — комбинация БПК + айПАК-блок-плацебо ($n=35$), II — комбинация БПК + проксимальный айПАК-блок ($n=36$), III — комбинация БПК + дистальный айПАК-блок ($n=35$). Оценивали интенсивность болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), боль в задней части колена, проводили тест «встань и иди» (Time Up and Go, TUG), измеряли амплитуду движения в коленном суставе (Range Of Motion, ROM), дистанцию ходьбы и высоту подъёма оперированной конечности. Дополнительно оценивали сенсорный и моторный блок, выраженность послеоперационной тошноты и рвоты, потребность в опиоидах, время первого требования анальгетика, а также удовлетворённость пациентов анестезией.

Результаты. В группе с БПК интенсивность болевого синдрома по ВАШ была статистически значимо выше, чем в группах с айПАК как в покое, так и при движениях на всех этапах оценки ($p=0,000$). Боль в задней части колена оказалась ниже в группе дистального айПАК ($p_{1,3}=0,003$, $p_{2,3}=0,032$), при этом различия между проксимальным айПАК и БПК зарегистрировано не было. Функциональные тесты лучше выполнялись на 1-е сут в группах с айПАК, на 2-е сут различия между группами не отмечено. В группе проксимального блока у $5,56 \pm 3,82\%$ пациентов зафиксировано возникновение сенсомоторной блокады. Других нежелательных явлений не зарегистрировано. Удовлетворённость пациентов анестезией была ниже в группе БПК ($p=0,000$), среди разновидностей айПАК-блока статистически значимых различий не выявлено.

Заключение. айПАК-блок является эффективной и простой блокадой, его дистальный тип уменьшает выраженность болевого синдрома в задней части коленного сустава и снижает вероятность получения сенсорной блокады. Комбинация БПК и дистального айПАК-блока является оптимальной для послеоперационного обезболивания пациентов после ТЭКС.

Ключевые слова: регионарная анестезия; iPASC (айПАК)-блок; блокада приводящего канала; тотальное эндопротезирование коленного сустава; реабилитация.

Как цитировать:

Андрианова Т.О., Ежевская А.А., Сушин В.О., Загреков В.И. Выбор оптимального метода регионарной анестезии при операциях тотального эндопротезирования коленного сустава: проспективное двойное слепое рандомизированное плацебоконтролируемое исследование // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2023. Т. 17, № 3. С. 185–197. DOI: <https://doi.org/10.17816/RA568266>

Рукопись получена: 11.08.2023

Рукопись одобрена: 07.09.2023

Опубликована: 02.10.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/RA568266>

The optimal choice of regional anesthesia in total knee arthroplasty: a prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled study

Tatyana O. Andrianova, Anna A. Ezhevskaya, Viliam O. Sushin, Valery I. Zagrekov

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Rapid advances has led to the widespread use of novel ultrasound-assisted regional anesthesia techniques, such as adductor canal block (ACB) and local infiltration of the interspace between the popliteal artery and the posterior knee capsule (iPACK-block). However, achieving adequate pain relief in patients undergoing total knee arthroplasty (TKA) remains an urgent problem for the anesthesiologist because universal recommendations for the use of blockades or their combinations have not been developed.

OBJECTIVE: Our aim was to evaluate the effectiveness and safety of combinations of various types of iPACK-blocks with single ACB in TKA in achieving analgesia and restoration of knee joint functions.

MATERIALS AND METHODS: A double-blind, randomized, placebo-controlled study of patients undergoing total knee arthroplasty was conducted over a 9-month period. One hundred six participants were divided into 3 groups: I — combination of single ACB + iPACK-block-placebo ($n=35$), II — combination of single ACB + proximal iPACK block ($n=36$), and III — combination of single ACB + distal iPACK block ($n=35$). Pain was assessed by VAS in the back of the knee. Time up and go test was performed. Range of motion in the knee joint (ROM), walking distance, and elevation of the operated limb were assessed. Sensory and motor block, postoperative nausea and vomiting severity, need for opioids, time to first analgesic use, and patient satisfaction were also assessed.

RESULTS: Pain scores and other outcomes were higher in the group with ACB than in the groups with iPACK both at rest and during movement ($p=0.000$). Pain in the back of the knee was lower in the distal iPACK group ($p_{1,3}=0.003$, $p_{2,3}=0.032$), with no difference in pain between proximal iPACK and single ACB. Moreover, patients who received iPACK performed better in the functional tests on day 1 but not on day 2. In the proximal block group, $5.56\pm 3.82\%$ of cases reported sensorimotor blockade. There were no other adverse events. Patient satisfaction with anesthesia was lower in the ACB group ($p=0.000$) and no differences in satisfaction was seen in the iPACK blocks.

CONCLUSION: The distal approach in iPACK block is an effective and simple technique to reduce pain in the back of the knee and risk of sensory block. Our findings indicate that combining adductor canal block and distal iPACK block is an optimal technique for achieving postoperative pain relief in patients undergoing total knee arthroplasty.

Keywords: total knee arthroplasty; total knee replacement; regional anesthesia; iPACK block; adductor canal block; infiltration anesthesia; rehabilitation.

To cite this article:

Andrianova TO, Ezhevskaya AA, Sushin VO, Zagrekov VI. The optimal choice of regional anesthesia in total knee arthroplasty: a prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Regional anesthesia and acute pain management*. 2023;17(3):185–197. DOI: <https://doi.org/10.17816/RA568266>

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире сохраняется тенденция к применению хирургии ускоренного восстановления (fast-track surgery), в том числе при операциях тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) [1]. Её принципы требуют уменьшения количества потребляемых опиоидов, начала ранней реабилитации и обеспечения адекватного обезболивания при отсутствии моторной блокады [2]. Однозначно адекватную аналгезию и снижение количества опиоидов при минимизации нежелательных явлений обеспечивают блокады периферических нервов под ультразвуковым (УЗ) контролем [3]. Так, блокада приводящего канала (БПК, Adductor Canal Block — АСВ) успела зарекомендовать себя в качестве отличной альтернативы блокаде бедренного нерва, обеспечивая при этом хорошее обезболивание передней области коленного сустава и сохраняя функцию четырёхглавой мышцы бедра [4]. Тем не менее БПК ограничивается контролем боли в передней области коленного сустава. Заднюю часть капсулы коленного сустава иннервируют, как правило, конечные ветви большеберцового и запирательного нерва [5, 6]. Новой селективной блокадой, позволяющей избежать сенсомоторного блока стопы, является блокада пространства между подколенной артерией и капсулой колена (айПАК, Infiltration of the interspace between the Popliteal Artery and the Capsule of the Knee — iРАСК) [7, 8]. Более того, последние исследования делят айПАК-блок на проксимальный, выполняемый на уровне диафиза бедренной

кости, и дистальный, производящийся на уровне мыщелков [9, 10]. Однако исследований, оценивающих эффективность комбинации айПАК-блока с другими разновидностями периферических блокад при ТЭКС, имеется недостаточно, а работ, в которых изучали разницу между различными доступами к задней капсуле — единицы.

Мы предположили, что дополнительное использование айПАК-блока совместно с БПК улучшит качество обезболивания и функциональное восстановление коленного сустава после ТЭКС, а среди вариантов айПАК-блока наилучшие результаты покажет дистальный блок.

Цель исследования — оценить эффективность применения одиночной БПК, а также БПК в комбинации с дистальным и проксимальным видами айПАК-блока при ТЭКС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Некоторые результаты нашей работы были уже опубликованы ранее и освещали сравнение методов айПАК + БПК, блокаду бедренного нерва (ББН) и айПАК + ББН при операциях ТЭКС [11]. Однако для более полного и углублённого изучения данной проблемы необходимо проведение дополнительных исследований.

Дизайн исследования

Проведено экспериментальное проспективное двойное слепое рандомизированное плацебо-контролируемое исследование. Всех пациентов разделили на 3 сопоставимые по характеристикам группы (рис. 1).

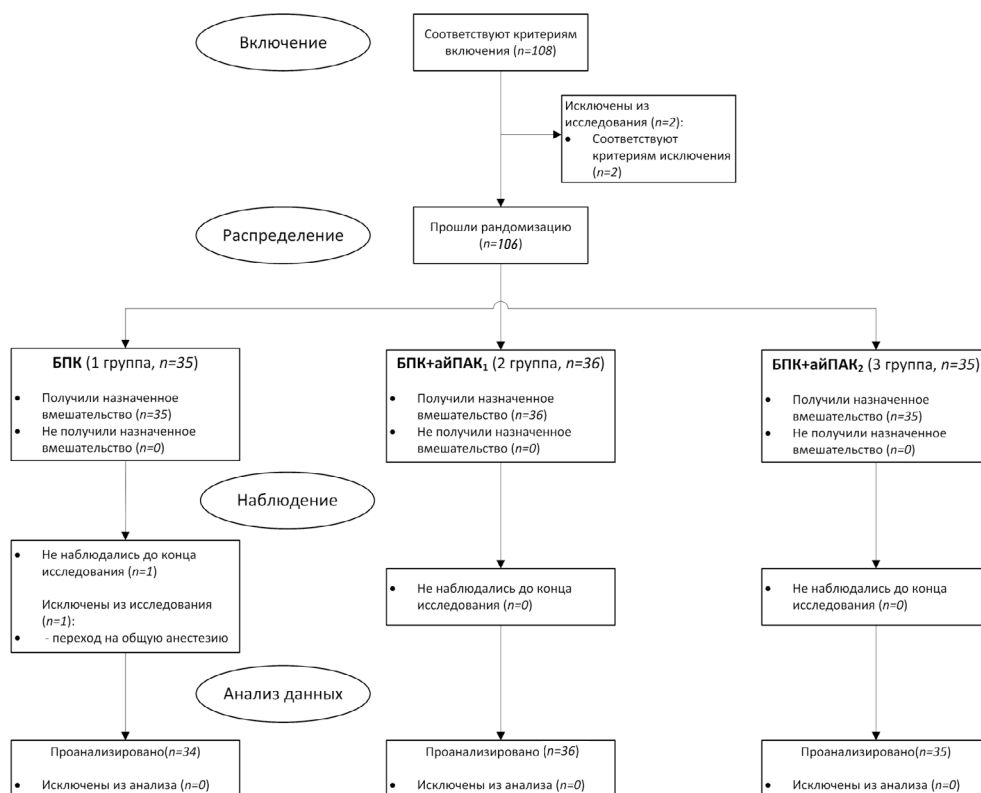


Рис. 1. Схема исследования.

Fig. 1. Study design.

Процедура рандомизации

Рандомизацию осуществляли с помощью генерации случайных чисел в программе Microsoft Excel 2010 («Microsoft Corp.», США). После подписания добровольного информированного согласия производилось распределение исследуемых в одну из групп в соотношении 1:1:1. Пациенты, независимый исследователь и реабилитолог не знали, какой метод регионарной анестезии использовался в каждом конкретном случае. Регионарную анестезию проводил один и тот же анестезиолог, операции ТЭКС выполняла одна и та же бригада хирургов со стажем работы не менее 5 лет, один и тот же независимый исследователь производил опрос и осмотр пациентов в послеоперационном периоде. Раскрытие рандомизационного кода происходило одномоментно после завершения исследования и выписки пациентов из стационара.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- возраст старше 18 лет включительно;
- наличие подписанного добровольного информированного согласия на участие в исследовании;
- плановая операция первичного ТЭКС.

Критерии невключения:

- операции одномышечкового и ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

Критерии исключения:

- отказ пациента от участия в исследовании;
- противопоказания к проведению регионарной анестезии;
- наличие хронического болевого синдрома;
- функциональное состояние — IV–V класс по классификации Американского общества анестезиологов (American Society of Anesthesiologists — ASA);
- ИМТ ≥ 50 кг/м²;
- невозможность пациента осуществлять оценку боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), выполнять функциональные тесты вследствие когнитивных и зрительных нарушений;
- нарушение протокола исследования (переход с регионарной анестезии на общую, смена тактики операции, отклонения в сроках проведения функциональных тестов, невозможность проведения функциональных тестов).

Условия проведения, продолжительность исследования и анализ в подгруппах

С апреля по декабрь 2022 года на базе университетской клиники ФГБОУ ВО ПИМУ (Нижний Новгород) был произведен отбор соответствующих критериям включения пациентов в числе 108 человек. Два человека выбыли из исследования перед этапом распределения. 106 пациентов в зависимости от метода выполнения регионарного блока были разделены методом простой рандомизации на 3 группы по 35–36 человек.

Группа I — БПК в комбинации с айПАК-блоком-плацебо.

Группа II — комбинация БПК + проксимальный айПАК-блок (айПАК₁).

Группа III — комбинация БПК + дистальный айПАК-блок (айПАК₂).

Продолжительность наблюдения за каждым пациентом от момента поступления в клинику до момента выписки составила 4–5 дней. Интенсивность болевого синдрома оценивали через 6, 12, 24 и 48 ч с момента окончания операции. Функциональные тесты выполняли в день операции (послеоперационный день 0, ПОД 0), на 1-е и 2-е послеоперационные сутки (ПОД 1 и ПОД 2). Анкетирование опросником качества восстановления QoR-15 проводилось на ПОД 1. Смещения запланированных временных интервалов за время проведения исследования не происходило.

Описание медицинского вмешательства

Общие сведения

В операционной за всеми пациентами устанавливали стандартный анестезиологический мониторинг с использованием аппаратуры Life Scope VS («Nihon Kohden», Япония). После обеспечения мониторинга всем пациентам выполняли премедикацию мидазоламом (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) в дозировке 0,1 мг/кг внутривенно. Затем во всех группах приступали к выполнению регионарной анестезии:

- в I группе — БПК 10 мл раствора анестетика и айПАК-блок-плацебо 20 мл 0,9% физиологического раствора;
- во II группе — БПК + проксимальный айПАК-блок 20 мл раствора анестетика;
- в III группе — БПК + дистальный айПАК-блок 20 мл раствора анестетика.

После выполнения блокад пациентам всех групп выполняли спинальную анестезию в положении на здоровом боку на уровне L_{III}–L_{IV} иглой B. Braun Spinocan 25G-88 («B. Braun», Германия). Вводили 0,5% раствор изобарического бупивакаина («AstraZeneca», Великобритания) в стандартных дозировках. Ход операции был идентичным у всех пациентов. Интраоперационно переливали 1000 мл кристаллоидных растворов, за полчаса до разреза вводили 1000–2000 мг цефазолина («Красфарма», Россия) для профилактики инфекционных осложнений. Для оказания системного гемостатического и антифибринолитического действия вводили транексамовую кислоту («Stada», Россия) в дозе 1000 мг.

В послеоперационном периоде соблюдали стандарты мультимодальной анальгезии. Все пациенты превентивно получали парацетамол (3000 мг/сут), кетопрофен (200 мг/сут). Тримеперидин (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) вводили в режиме «по требованию» при наличии выраженного болевого синдрома, трамадол (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) — в случае

умеренного болевого синдрома. Профилактику венозных тромбозов и эмболий производили с помощью эноксапарина натрия («ФармФирма Сотекс», Россия) согласно инструкции производителя. Врачи-реабилитологи начинали проводить занятия с пациентами в палате пробуждения. На ПОД 0, 1 и 2 все пациенты выполняли функциональные тесты, в ПОД 1 заполняли опросник QoR-15. Выписка производилась по решению лечащего врача.

Техника выполнения блоков в группах

Все УЗ-ассоциированные блокады выполняли в стерильных условиях с использованием УЗ-аппарата SonoSite SII («Fujifilm», Япония), конвексного датчика SonoSite rC60xi (5–2 МГц, «Fujifilm», Япония), стимулирующей иглы В. Braun Stimuplex A150, G20 («В. Braun», Германия). Раствор для выполнения регионарной анестезии представлял собой смесь 0,5% раствора ропивакаина («Fresenius Kabi», Норвегия), 1–2 мл 0,4% раствора дексаметазона («Элла-ра», Россия) и адреналина (ФГУП «Московский эндокринный завод», Россия) в разведении 1:200 000. Во всех случаях под колено оперируемой конечности подкладывали валик, ногу несколько ротировали кнаружи.

Для выполнения БПК датчик устанавливали на уровне средней трети медиальной поверхности бедра. После визуализации портняжной мышцы, бедренной артерии и подкожного нерва бедра по нижнему краю датчика производили вкол иглы. Конец иглы помещали впереди по отношению к артерии. После выполнения аспирационной пробы вводили 10 мл подготовленного раствора.

Для выполнения айПАК-блока проксимальным способом датчик располагали на 2 пальца выше надколенника. После визуализации мышечков бедренной кости датчик перемещали проксимальнее до тех пор, пока они не сменяются диафизом бедренной кости. На этом уровне визуализировали подколенную артерию и выполняли вкол иглы по верхнему краю датчика под углом 45° в медиально-латеральном направлении. Конец иглы позиционировали

между подколенной артерией и диафизом бедренной кости. После выполнения аспирационной пробы вводили 20 мл подготовленного раствора, постепенно извлекая иглу (рис. 2, а).

Для выполнения айПАК-блока дистальным способом датчик располагали на медиальной поверхности бедра чуть выше надколенника. После визуализации мышечков бедренной кости и подколенной артерии по нижнему краю датчика выполняли вкол под углом 45° в медиально-каудальном направлении. Конец иглы позиционировали между подколенной артерией и мышечком бедренной кости. После выполнения аспирационной пробы вводили 20 мл подготовленного раствора, постепенно извлекая иглу (рис. 2, б).

Исходы исследования

Основной исход исследования

Первичными результатами считали оценку выраженности болевого синдрома в послеоперационном периоде, наличие боли в задней части коленного сустава и скорость функционального восстановления коленного сустава.

Дополнительные исходы исследования

Дополнительные исходы включали в себя потребность в наркотических анальгетиках за сутки, время первого требования наркотического анальгетика, наличие послеоперационной тошноты и рвоты (ПОТР), наличие сенсорного блока, оценку удовлетворенности анестезией.

Методы регистрации исходов

Перед операцией были собраны исходные демографические данные. Оценка физического состояния проводили по классификации ASA.

Интенсивность болевого синдрома оценивали по ВАШ в покое и при движениях через 6, 12, 24, и 48 ч после вмешательства. Отдельно фиксировали наличие боли

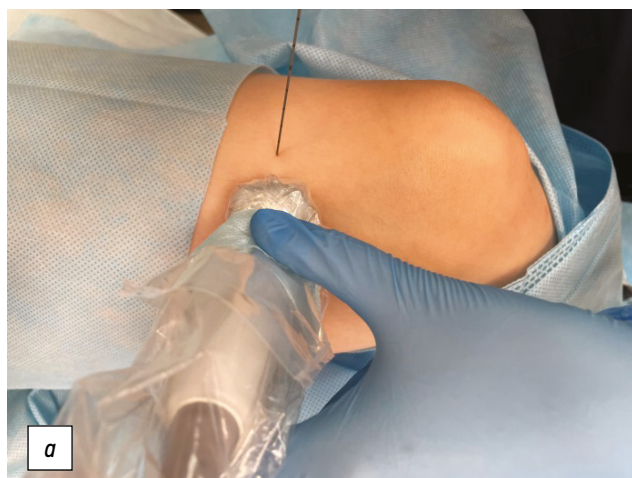


Рис. 2. Техника выполнения айПАК-блоков в группах. *Примечание.* а — проксимальный, б — дистальный.
Fig. 2. iPACK-block technique in groups. *Note.* а — proximal, б — distal.

в задней части коленного сустава через 24 ч после операции. Также фиксировали потребность в опиоидах, время требования первого анальгетика в день оперативного вмешательства. Наличие тошноты и рвоты оценивали по шкале ПОТР через 12 и 24 ч после завершения операции. Наличие или отсутствие сенсорного блока оценивали тестом PinPrick. Помимо этого, оценивали способность поднять оперированную ногу на ПОД 0 и 1, дистанцию ходьбы в ПОД 1, сроки активизации и выписки. Функциональные тесты «встань и иди» (Time Up and Go, TUG), измерение амплитуды движения в коленном суставе (Range Of Motion, ROM) проводили на ПОД 1 и 2. Для выполнения теста «встань и иди» замечали время, которое требовалось пациенту, чтобы без использования вспомогательных средств встать со стула, пройти 3 м, вернуться и сесть обратно на стул. Диапазон движений в коленном суставе измеряли с помощью аппарата пассивной разработки суставов ARTROMOT («Ormed GmBH», Германия) — фиксировали значения градуса максимального комфортного сгибания оперированной конечности в колене. Оценку удовлетворённости пациентами анестезией производили посредством русифицированной анкеты QoR-15 [12] на 1-е сут после операции.

Этическая экспертиза

После одобрения Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ПИМУ был разработан и внедрён протокол проведения исследования (№ 1 от 30.12.2021). Все пациенты, принявшие участие в исследовании, подписали добровольное информированное согласие. Исследование проведено в соответствии с основополагающими этическими принципами Хельсинкской декларации, правилами GCP (Good Clinical Practice — надлежащая клиническая практика).

Статистический анализ

Принципы расчёта размера выборки

Размер выборки рассчитывали в соответствии с результатами предыдущего исследования, в котором дисперсия изучаемого признака составила 564. Для уровня мощности 90%, предельно допустимой ошибки 5% и уровня статистической значимости $p < 0,05$, объём выборки составил 78 пациентов.

Методы статистического анализа данных

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2010 («Microsoft Corp.», США), IBM SPSS Statistics («IBM», США) и STATISTICA v. 64 («StatSoft. Inc.», США). Принадлежность выборок к нормальному распределению определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка.

Количественные нормально распределённые данные представлены в виде $M \pm SD$ (где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение). С помощью критерия

Левене проверяли гипотезу о равенстве дисперсий нормально распределённых количественных данных. Оценку различий между группами нормально распределённых данных выполняли при помощи однофакторного дисперсионного анализа ANOVA с последующим проведением апостериорного теста (критерия Габриэля в случае гомогенно нормально распределённых данных и критерия Даннета — в случае ненормально распределённых). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Количественные ненормально распределённые данные представлены в виде Me [МКИ] (где Me — медиана, МКИ — межквартильный интервал). В качестве разведочного теста в этом случае использовали критерий Краскела–Уоллиса, дальнейшее попарное сравнение производили с помощью U -критерия Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,017$ (после поправки на число сравнений). Корреляцию измеряли посредством критерия Спирмена и считали значимой при $p < 0,01$.

Качественные данные представлены в виде $p \pm \sigma_p$ (где p — процентная доля, σ_p — стандартное отклонение процентной доли). Для анализа различий качественных данных использовали таблицы сопряжённости и критерий χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие. Точный критерий Фишера применяли для последующего попарного сравнения. Для качественных данных вычисляли относительный риск (RR) и его 95% доверительный интервал (ДИ). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Участники исследования

В исследование были включены 108 пациентов в возрасте от 45 до 82 лет (средний возраст $63,64 \pm 7,36$ года). Из исследования выбыли 3 человека: 2 — перед этапом распределения и 1 — на этапе наблюдения в связи с переходом с регионарной анестезии на общую. Таким образом, рандомизации подверглись 106 пациентов, а до конца исследования наблюдались 105 пациентов, сопоставимые по исходным характеристиками (табл. 1). Среди групп не имелось различий в выраженности исходного болевого синдрома, длительности операции и анестезии.

Основные результаты исследования

Интенсивность болевого синдрома на каждом этапе как в покое, так и при движении, была статистически значимо ниже в группах II и III по сравнению с группой I (попарное сравнение U -критерием Манна–Уитни: $p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$ через 6, $p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$ — через 12, $p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$ — через 24 и $p_{1,2}=0,000$, $p_{1,3}=0,000$ — через 48 ч соответственно; рис. 3, а, б). Отметим, что в группе БПК $5,88 \pm 4,04\%$ ($n=2$) пациентов испытывали «прорывную» боль, требующую дополнительного

Таблица 1. Общая характеристика пациентов, участвовавших в исследовании**Table 1.** General characteristics of patients included in the study

Демографические данные		Группа I (n=34)	Группа II (n=36)	Группа III (n=35)	p
Пол	Мужской (n=12)	5,88±4,04% (n=2)	16,67±6,21% (n=6)	11,43±5,38% (n=4)	0,350*
	Женский (n=93)	94,12±4,04% (n=32)	83,33±6,21% (n=30)	83,57±5,38% (n=31)	
Возраст, лет		64,00 [60,25; 68,00]	63,50 [59,00; 69,25] 63,97±7,48	66,00 [60,00; 71,00] 65,26±7,06	0,441**
Масса тела, кг		86,62±16,48	91,89±15,95	87,37±20,58	0,406***
Рост, см		160,00 [154,75; 164,00]	161,00 [155,38; 165,50]	158,00 [155,00; 164,00] 160,07±9,08	0,711**
ИМТ, кг/м ²		33,52 [29,43; 37,94] 33,79±6,70	34,19 [31,32; 36,67]	34,60 [27,64; 38,52] 33,98±6,78	0,807**
ASA	II (n=13)	8,82±4,86% (n=3)	13,89±5,76% (n=5)	14,29±5,91% (n=5)	0,733*
	III (n=92)	91,18±4,86% (n=31)	86,11±5,76% (n=31)	85,71±5,91% (n=30)	
Оперлируемая конечность	Правая (n=61)	70,59±7,81% (n=24)	47,22±8,32% (n=17)	57,14±8,36% (n=20)	0,139*
	Левая (n=44)	29,41±7,81% (n=10)	52,78±8,32% (n=19)	42,86±8,36% (n=15)	

Примечание. Значения количественных данных представлены в виде $M \pm SD$ для нормального распределения и Me [МКИ] — для распределения, отличного от нормального. Значения качественных данных представлены в виде $p \pm \sigma$. ИМТ — индекс массы тела, ASA — анестезиологическая оценка физического состояния пациента перед операцией, * — критерий χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие, ** — H -тест Краскела–Уоллиса, *** — дисперсионный анализ ANOVA.

Note. The values of quantitative data are presented as $M \pm SD$ for normal distribution and Me [IQR] — for non-normal distribution. The values of qualitative data are presented as $p \pm \sigma$. ИМТ — body mass index, ASA — anaesthetic assessment of the patient's physical state before surgery, * — the likelihood ratio χ^2 by Pearson, ** — the Kruskal–Wallis H -test, *** — ANOVA test.

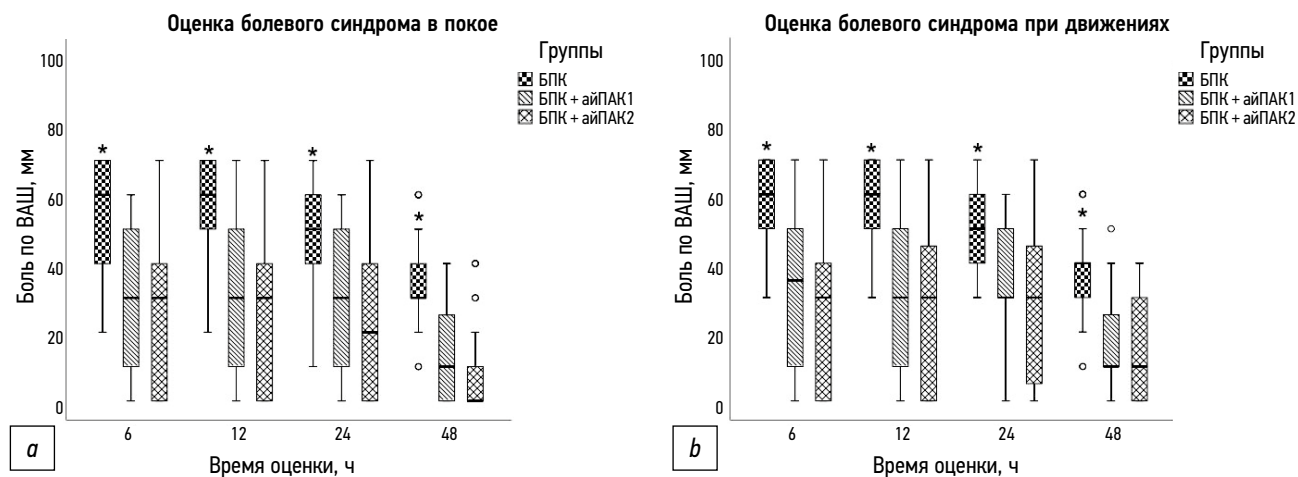


Рис. 3. Оценка болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале. *Примечание.* *a* — в покое, *b* — при движениях; * $p < 0,05$.
Fig. 3. Assessment of pain according to the Visual Analogue Scale. *Note.* *a* — at rest, *b* — during movements; * $p < 0,05$.

назначения наркотических анальгетиков. Напротив, в группах с применением айПАК-блока у 47,22±8,32% ($n=17$) и 68,57±7,85% ($n=24$) пациентов болевой синдром был минимальным, назначения наркотических анальгетиков не потребовалось вообще. Боль в задней части коленного сустава отмечали статистически значимо чаще в группах I и II, чем в группе III (табл. 2).

Функциональные тесты лучше выполняли пациенты в группах с использованием айПАК-блока. Так,

высота подъёма оперированной ноги оказалась статистически значимо больше среди пациентов групп II и III, чем в I группе в оба дня оценки. В ПОД 1 пациенты, которым применяли айПАК-блок, быстрее справились с тестом «встань и иди», прошли более длинную дистанцию и согнули оперированную конечность под большим углом, чем пациенты без использования айПАК. Мы получили сильную отрицательную корреляционную связь между испытываемой болью при движениях и пройденной

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

Тесты, время оценки	Группа I (n=34)	Группа II (n=36)	Группа III (n=35)	p
Боль в задней части коленного сустава	47,06±8,59 (n=16)	36,11±8,01 (n=13)	14,29±5,91 (n=5)	0,009* $p_{1,3}=0,003$ $p_{2,3}=0,032$
ПОД 0	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 5,00]	0,00 [0,00; 7,00]	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
Подъём оперированной ноги, см	ПОД 1 26,00 [20,00; 30,00] 26,50±7,56	45,00 [42,00; 49,25]	45,00 [44,00; 50,00]	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
Тест «встань и иди» (TUG), с	ПОД 1 108,88±6,95	101,42±4,81	101,14±4,00	0,000*** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
	ПОД 2 83,50±3,90	81,61±5,21	81,66±4,16	0,208***
Диапазон движений в колене (ROM), °	ПОД 1 40,00 [35,00; 40,00]	45,00 [40,00; 50,00]	45,00 [40,00; 50,00]	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
	ПОД 2 70,00 [60,00; 75,00]	67,50 [65,00; 73,75] 67,5±6,92	70,00 [65,00; 80,00]	0,485**
Время первой активизации, ч	21,17 [18,17; 23,31]	6,83 [6,33; 7,50]	7,17 [6,67; 7,50] 7,11±0,662	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
Дистанция ходьбы в ПОД 1, м	9,00 [8,00; 10,00]	12,00 [12,00; 15,00] 13,03±5,55	15,00 [12,00; 16,00] 14,29±2,892	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
Тест удовлетворённости QoR-15, баллы	92,00 [85,00; 95,25]	113,00 [97,00; 123,00] 111,69±18,43	123,00 [112,00; 130,00]	0,000** $p_{1,2}=0,000$ $p_{1,3}=0,000$
Длительность госпитализации, дни	4,00 [3,75; 5,00]	4,50 [4,00; 5,00]	4,00 [4,00; 5,00]	0,273*

Примечание. Значения количественных данных представлены в виде $M \pm SD$ для нормального распределения и Me [МКИ] — для распределения, отличного от нормального. Значения качественных данных представлены в виде $p \pm \sigma$. * — 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 ($p = 0,017$), *** — тест ANOVA с последующим анализом с помощью критерия Даннета.

Note. The values of quantitative data are presented as $M \pm SD$ for normal distribution and Me [IQR] for non-normal distribution. The values of qualitative data are presented as $p \pm \sigma$. * — the likelihood-ratio χ^2 by Pearson followed by pairwise comparison by Fisher's exact test, ** — the Kruskal–Wallis H -test followed by pairwise comparison by Mann–Whitney U -test ($p = 0,017$), *** — ANOVA followed by Dunnett post-hoc tests.

дистанцией ($r_s = -0,880$, $p = 0,000$). Статистически значимых различий на ПОД 2 между группами не обнаружено. Пациенты группы II и III в среднем на 14 ч раньше приступали к активизации, чем пациенты группы I (см. табл. 2).

Дополнительные результаты исследования

Средняя послеоперационная потребность в трамадоле и тримеперидине была выше в группе БПК, чем в группах БПК + айПАК₁ и БПК + айПАК₂ (100,00 [100,00; 100,00] против 100,00 [0,00; 100,00] мг трамадола во II и III группах, $p_{1,2} = 0,000$, $p_{1,3} = 0,000$; 40,00 [20,00; 40,00] против 20,00 [0,00; 20,00] и 0,00 [0,00; 20,00] мг тримеперидина во II и III группах соответственно, $p_{1,2} = 0,000$, $p_{1,3} = 0,000$; (рис. 4). Не нуждались в наркотических анальгетиках 47,22±8,32% ($n = 17$) и 68,57±7,85% ($n = 24$) пациентов групп проксимального и дистального айПАК

соответственно. Время до первого требования наркотических анальгетиков было почти в 3 раза больше в группах II и III, чем в группе I (попарное сравнение U -критерием Манна–Уитни — $p_{1,2} = 0,000$, $p_{1,3} = 0,000$; рис. 5).

Исследование зоны иннервации подкожного нерва с помощью теста PinPrick не показало различий в группах. Пациенты одинаково отмечали онемение в зоне медиальной поверхности колена и голени, однако это не сказывалось на двигательной активности и не вызывало дискомфорта. В зоне иннервации седалищного нерва пациенты группы II отметили онемение: через 12 ч 5,56±3,82% ($n = 2$) — полное отсутствие чувствительности и 5,56±3,82% ($n = 2$) — снижение; через 24 ч у 5,56±3,82% ($n = 2$) сохранялось снижение чувствительности. В других группах сенсорной блокады седалищного нерва не наблюдалось (RR — неопределённый).

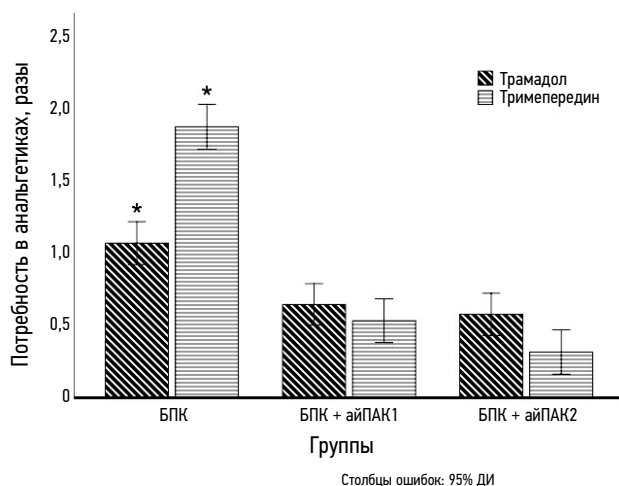


Рис. 4. Потребность в анальгетиках в первые послеоперационные сутки. *Примечание (здесь и на рис. 5).* * $p < 0,05$.

Fig. 4. Differences in need for opioids at day of surgery and in the postoperative period. *Note (here and in Fig. 5).* * $p < 0.05$.

Оценка тошноты и рвоты по шкале ПОТР не продемонстрировала статистически значимых различий между группами. Относительный риск наличия ПОТР в группах с айПАК против группы БПК через 12 ч — $RR=0,940$ (ДИ 0,480–1,840; $p > 0,05$), через 24 ч — $RR=1,606$ (ДИ 1,060–2,434; $p > 0,05$), через 48 ч — $RR=2,088$ (ДИ 0,648–6,730; $p > 0,05$).

Согласно результатам опросника QoR-15, удовлетворённость анестезией была выше в группах II и III. При этом в группе с изолированной БПК отмечено ухудшение качества сна и наличие сильной боли. Длительность госпитализации в группах была равнозначна, пациентов выписывали на 4-й день (см. табл. 2).

Нежелательные явления

В ходе проведения исследования не было зарегистрировано нежелательных явлений, в том числе случаев пункции капсулы коленного сустава, непреднамеренной пункции подколенной артерии с внутрисосудистым введением анестетика, проявлений системной токсичности местных анестетиков, случаев падения пациентов, тромбоза глубоких вен, нагноений послеоперационной раны.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Результаты нашего исследования указывают на то, что добавление блока, направленного на анальгезию задней части коленного сустава, снижает показатели интенсивности болевого синдрома, улучшает функциональные возможности оперированной конечности в 1-е сутки и уменьшает общую потребность в анальгетиках. По сравнению с проксимальным, дистальный блок не сопряжён с возникновением сенсомоторной блокады по общему

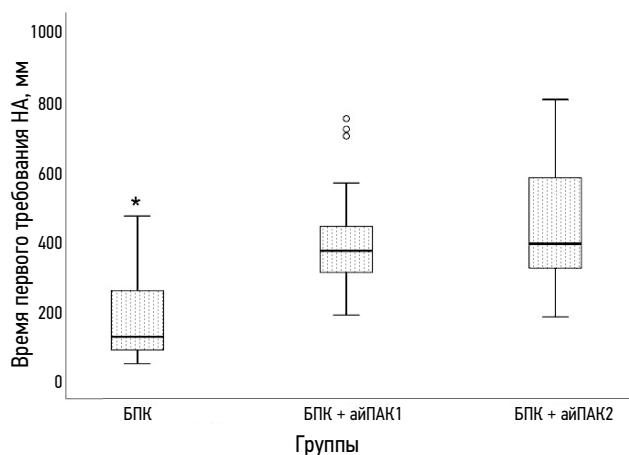


Рис. 5. Сравнение времени первого требования наркотического анальгетика.

Fig. 5. Time of claiming the first narcotic analgesic compared.

малоберцовому нерву, а также снижает риск возникновения боли в задней части коленного сустава. Разница в выборе регионарного блока не оказала влияния на частоту возникновения ПОТР и длительность госпитализации.

Обсуждение основного результата исследования

Несмотря на доказанные преимущества использования блокад периферических нервов и стремительное развитие регионарной анестезии с использованием УЗ-навигации, эталонной комбинации периферических блокад при ТЭКС до сих пор не разработано [3, 4, 13].

Наше исследование показало, что добавление айПАК-блока к БПК увеличивает эффективность анальгезии на протяжении всего времени наблюдения (6–48 ч) как в покое, так и при движении, а также уменьшает потребность и кратность потребления анальгетиков. Недавний систематический обзор и метаанализ X. Tang и соавт. продемонстрировал схожие результаты: сравнивая группы БПК + айПАК и БПК, в первой группе авторы обнаружили тенденцию к снижению показателей боли по ВАШ при движениях через 6, 12, 48 и 72 ч, в покое — через 8 ч ($p=0,002$) и 12 ч ($p=0,001$). Кроме того, выявлено значительное снижение потребления морфина в этой же группе (разность средних, $PS=-0,451$; $p=0,007$) [14]. Аналогичные результаты показали метаанализы J. Guo и соавт. и J.H. Wang и соавт., которые также проводили сравнения между группами БПК + айПАК и БПК [15, 16]. В первой работе выраженность болевого синдрома по ВАШ была ниже в группе БПК + айПАК через 8, 12, 24 и 48 ч в покое ($p < 0,00001$) и при движениях ($p < 0,00001$), но не было зарегистрировано различия в показателях при выписке. Отмечено снижение требования опиоидов в пользу группы айПАК ($p=0,0007$). В другом метаанализе показатели боли по ВАШ в день операции оказались ниже в группе с айПАК-блоком и в покое (стандартизированная разность

средних, СРС= -1,18; 95% ДИ -2.05–0,30), и при активизации (СРС= -0,26; 95% ДИ -0,49– -0,03). Потребность в опиоидах в 1-е сут также была ниже в группе с айПАК (СРС= -0,295; 95% ДИ -0,543– -0,048).

Тем не менее не во всех работах установлена эффективность добавления айПАК-блока. В частности, R. Tak и соавт. показали, что нет существенных преимуществ между применением комбинации блокад БПК + айПАК и изолированной БПК. Группы оказались равнозначными по показателям боли по ВАШ и потреблению анальгетиков [17].

Относительно функционального восстановления оперированной конечности проведённые метаанализы демонстрируют схожие с нашими результаты. Напомним, что по результатам нашего исследования, на ПОД 1 пациенты с применением айПАК имели большую амплитуду движений в коленном суставе (ROM), быстрее справлялись с тестом TUG, имели большую дистанцию ходьбы и выше поднимали оперированную ногу, что может указывать на большую силу четырёхглавой мышцы бедра. На ПОД 2 различий между группами не зафиксировано. X. Tang и соавт. отметили лучшие результаты выполнения тестов на ПОД 1 в группе БПК + айПАК: ROM ($p=0,001$), TUG ($p=0,030$), сила четырёхглавой мышцы ($p=0,009$), дистанция ходьбы ($p < 0,0001$) [14]. В работе G. Jiao и соавт. определены явные преимущества БПК + айПАК в выполнении тестов на 1-е сут ROM ($p < 0,00001$), TUG ($p=0,0008$), а также по количеству пройденного расстояния ($p < 0,00001$). Однако никакой разницы в силе четырёхглавой мышцы бедра среди групп авторами обнаружено не было [15]. J.H. Wang и соавт., напротив, не получили разницы в длительности пройденной дистанции. Остальные функциональные тесты в этом метаанализе не рассматривались [16]. R. Tak и соавт. также получили сопоставимые результаты тестов в группах БПК + айПАК и БПК [17].

Такое различие в показателях у различных исследователей можно объяснить неадекватным обезболиванием, отсутствием мотивации у пациентов и психологическим барьером в виде неадекватного оберегания оперированной конечности. Также отметим, что в исследованиях использовали разные растворы для местной анестезии: различия имелись и в % соотношении, и в наличии адъювантов. Вполне возможно, что это также повлияло на качество блокад.

Что касается различий между проксимальным и дистальным айПАК, то мы получили сенсомоторную блокаду по малоберцовому нерву, а также статистически значимо больше пациентов отмечали боль в задней части коленного сустава в группе с проксимальным блоком. Похожие результаты получены W. Kampitak и соавт.: полной сенсомоторной блокады в группе дистального айПАК не наблюдалось, а оценка боли в задней части колена была значительно выше в группе проксимального айПАК ($p=0,001$) [18]. Отметим также, что у предложенной нами модификации дистального блока существует неоспоримое преимущество перед дистальной

блокадой W. Kampitak и соавт., выполняемой на животе: разработанная нами блокада выполняется в положении пациента на спине, что, безусловно, экономит силы на переворачивание пациента и время, затраченное на выполнение анестезии.

Мы можем предположить, что при проксимальном доступе на уровне диафиза бедренной кости общий малоберцовый нерв полностью не распадается на конечные ветви, поэтому анестетик успешно оказывает на него воздействие. Возможность распространения анестетика на большеберцовый и общий малоберцовый нерв при проведении айПАК-блока продемонстрирован в исследовании на трупах [19]. При введении анестетика дистально, на уровне мышечков бедренной кости, распространение происходит непосредственно в подколенном сплетении, общий малоберцовый нерв при этом находится на значительном отдалении от точки вкола. Это может объяснить как возникновение сенсорной блокады при проксимальном введении, так и отсутствие «задней боли» при дистальном, поскольку анестетик распространяется непосредственно в подколенном сплетении. Парадокс общего снижения интенсивности болевого синдрома при сохранении боли в задней части коленного сустава можно объяснить воздействием на заднюю ветвь запирательного нерва при любой технике айПАК-блока, что также показали и анатомические исследования [19, 20]. БПК оказывает воздействие на передне-медиальную часть коленного сустава, проксимальный айПАК-блок также способствует передне-медиальному распространению анестетика, в то время как дистальная инъекция имеет передне-латеральное распространение [20]. Таким образом, в комбинации с БПК логичным представляется применение именно дистального айПАК-блока.

A.D. Niesen и соавт. сообщили о повышении риска нежелательного внутрикапсулярного введения анестетика при дистальном расположении точки вкола [19]. Однако ни в нашем исследовании, ни в исследовании W. Kampitak и соавт. этого осложнения не наблюдалось [18]. Современные УЗ-аппараты позволяют легко визуализировать капсулу коленного сустава, а должный опыт и квалификация анестезиолога помогают избежать нежелательных пункций при выполнении блокад.

Большую удовлетворённость анестезией в группах с айПАК-блоком можно объяснить лучшим качеством послеоперационного обезбоживания (согласно опроснику QoR-15, пациенты группы БПК жаловались на ухудшение качества сна и наличие сильной боли).

Ограничения исследования

Ограничениями нашего исследования являются большое разнообразие состава «коктейлей» на основе местного анестетика для выполнения регионарной анестезии, используемого для выполнения регионарных блоков, и отсутствие единой методики для проведения айПАК-блока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

айПАК-блок — это простая в исполнении и эффективная блокада. Дистальный его вариант является той самой селективной и наиболее мощной блокадой задней части коленного сустава, сохраняя в себе эффективность анальгезии и снижая риски возникновения нежелательной сенсорной блокады. Предложенная вариация дистального блока позволяет выполнить его быстро, просто и эффективно.

Сочетание БПК и дистального айПАК-блока позволяет снизить выраженность болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде у пациентов после ТЭКС, снизить потребность в анальгетиках и способствовать раннему максимально комфортному функциональному восстановлению коленного сустава.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Не указан.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Т.О. Андрианова — обзор литературы, сбор и анализ источников, концепция и дизайн исследования,

статистическая обработка данных, написание и редактирование текста статьи; А.А. Ежовская — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание и редактирование текста статьи; В.О. Сушин — сбор и обработка материала; В.И. Загреков — редактирование текста статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. Not specified.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author's contribution. T.O. Andrianova — literature review, collection and analysis of literary sources, concept and design of the study, statistical data processing, text writing and article editing; A.A. Ezhevskaya — the concept and design of the study, the collection and processing of material, writing the text and editing the article; V.O. Sushin — the collection and processing of material; V.I. Zagrekov — editing the article. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Fransen B.L., Hoozemans M.J.M., Argelo K.D.S., et al. Fast-track total knee arthroplasty improved clinical and functional outcome in the first 7 days after surgery: a randomized controlled pilot study with 5-year follow-up // *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018. Vol. 138, N 9. P. 1305–1316. doi: 10.1007/s00402-018-3001-2
- Castorina S., Guglielmino C., Castrogiovanni P., et al. Clinical evidence of traditional vs fast track recovery methodologies after total arthroplasty for osteoarthritic knee treatment. A retrospective observational study // *Muscles Ligaments Tendons J.* 2018. Vol. 7, N 3. P. 504–513. doi: 10.11138/mltj/2017.7.3.504
- Memtsoudis S.G., Cozowicz C., Bekeris J., et al. Peripheral nerve block anesthesia/analgesia for patients undergoing primary hip and knee arthroplasty: recommendations from the International Consensus on Anesthesia-Related Outcomes after Surgery (ICAROS) group based on a systematic review and meta-analysis of current literature // *Reg Anesth Pain Med.* 2021. Vol. 46, N 11. P. 971–985. doi: 10.1136/rapm-2021-102750
- Lavand'homme P.M., Kehlet H., Rawal N., Joshi G.P., et al. Pain management after total knee arthroplasty: PROcedure SPecific Post-operative Pain Management recommendations // *Eur J Anaesthesiol.* 2022. Vol. 39, N 9. P. 743–757. doi: 10.1097/EJA.0000000000001691
- Fonkoué L., Behets C., Kouassi J.K., et al. Distribution of sensory nerves supplying the knee joint capsule and implications for genicular blockade and radiofrequency ablation: an anatomical study // *Surg Radiol Anat.* 2019. Vol. 41, N 12. P. 1461–1471. doi: 10.1007/s00276-019-02291-y
- Tran J., Peng P.W.H., Gofeld M., et al. Anatomical study of the innervation of posterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention // *Reg Anesth Pain Med.* 2019. Vol. 44, N 2. P. 234–238. doi: 10.1136/rapm-2018-000015
- Kandarian B.S., Elkassabany N.M., Tamboli M., Mariano E.R. Updates on multimodal analgesia and regional anesthesia for total knee arthroplasty patients // *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2019. Vol. 33, N 1. P. 111–123. doi: 10.1016/j.bpa.2019.02.004
- Sari S., Kumar J., Turan A. New peripheral nerve blocks and local anesthetics // *Curr Opin Crit Care.* 2021. Vol. 27, N 6. P. 733–742. doi: 10.1097/MCC.0000000000000873
- Kampitak W., Tansatit T., Tanavalee A., Ngarmukos S. Optimal location of local anesthetic injection in the interspace between the popliteal artery and posterior capsule of the knee (iPACK) for posterior knee pain after total knee arthroplasty: an anatomical and clinical study // *Korean J Anesthesiol.* 2019. Vol. 72, N 5. P. 486–494. doi: 10.4097/kja.19060
- D'Souza R.S., Langford B.J., Olsen D.A., Johnson R.L. Ultrasound-Guided Local Anesthetic Infiltration Between the Popliteal Artery and the Capsule of the Posterior Knee (iPACK) Block for Primary Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials // *Local Reg Anesth.* 2021. N 14. P. 85–98. doi: 10.2147/LRA.S303827
- Ежовская А.А., Жулина Е.А., Андрианова Т.О., Морунцова А.Ю. Оптимизация регионарного обезболивания после тотального эндопротезирования коленного сустава на основе iPACK-блока. Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2021. Т. 15. № 3. С. 189–198. doi: 10.17816/1993-6508-2021-15-3-189-198
- Никитина Т.П., Куликов А.Ю., Мишина А.А., и др. Разработка и апробация русской версии опросника оценки качества восстановления пациента после анестезии — QoR-40 и его краткой формы — QoR-15 // *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова.* 2022. № 2. С. 132–142. doi: 10.21320/1818-474X-2022-2-132-142

- 13.** You D., Qin L., Li K., et al. A meta-analysis on advantages of peripheral nerve block post-total knee arthroplasty // *Korean J Pain*. 2021. Vol. 34, N 3. P. 271–287. doi: 10.3344/kjp.2021.34.3.271
- 14.** Tang X., Jiang X., Lei L., et al. IPACK (Interspace between the Popliteal Artery and the Capsule of the Posterior Knee) Block Combined with SACB (Single Adductor Canal Block) Versus SACB for Analgesia after Total Knee Arthroplasty // *Orthop Surg*. 2022. Vol. 14, N 11. P. 2809–2821. doi: 10.1111/os.13263
- 15.** Guo J., Hou M., Shi G., et al. iPACK block (local anesthetic infiltration of the interspace between the popliteal artery and the posterior knee capsule) added to the adductor canal blocks versus the adductor canal blocks in the pain management after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis // *J Orthop Surg Res*. 2022. Vol. 17, N 1. P. 387. doi: 10.1186/s13018-022-03272-5
- 16.** Wang J.H., Ma H.H., Chou T.A., et al. Does the Addition of iPACK Block to Adductor Canal Block Provide Improved Analgesic Effect in Total Knee Arthroplasty? A Systematic Review and Meta-Analysis // *J Knee Surg*. 2023. Vol. 36, N 4. P. 345–353. doi: 10.1055/s-0041-1733882
- 17.** Tak R., Gurava Reddy A.V., Jhakotia K., et al. Continuous adductor canal block is superior to adductor canal block alone or adductor canal block combined with IPACK block (interspace between the popliteal artery and the posterior capsule of knee) in postoperative analgesia and ambulation following total knee arthroplasty: randomized control trial // *Musculoskelet Surg*. 2022. Vol. 106, N 2. P. 155–162. doi: 10.1007/s12306-020-00682-8
- 18.** Kampitak W., Tanavalee A., Ngarmukos S., Tantavisut S. Motor-sparing effect of iPACK (interspace between the popliteal artery and capsule of the posterior knee) block versus tibial nerve block after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial // *Reg Anesth Pain Med*. 2020. Vol. 45, N 4. P. 267–276. doi: 10.1136/rapm-2019-100895
- 19.** Niesen A.D., Harris D.J., Johnson C.S., et al. Interspace between Popliteal Artery and posterior Capsule of the Knee (IPACK) Injectate Spread: A Cadaver Study // *J Ultrasound Med*. 2019. Vol. 38, N 3. P. 741–745. doi: 10.1002/jum.14761
- 20.** Tran J., Giron Arango L., Peng P., et al. Evaluation of the iPACK block injectate spread: a cadaveric study // *Reg Anesth Pain Med*. 2019. rapm-2018-100355. doi: 10.1136/rapm-2018-100355

REFERENCES

- 1.** Fransen BL, Hoozemans MJM, Argelo KDS, et al. Fast-track total knee arthroplasty improved clinical and functional outcome in the first 7 days after surgery: a randomized controlled pilot study with 5-year follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018;138(9):1305–1316. doi: 10.1007/s00402-018-3001-2
- 2.** Castorina S, Guglielmino C, Castrogiovanni P, et al. Clinical evidence of traditional vs fast track recovery methodologies after total arthroplasty for osteoarthritic knee treatment. A retrospective observational study. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2018;7(3):504–513. doi: 10.11138/mltj/2017.7.3.504
- 3.** Memtsoudis SG, Cozowicz C, Bekeris J, et al. Peripheral nerve block anesthesia/analgesia for patients undergoing primary hip and knee arthroplasty: recommendations from the International Consensus on Anesthesia-Related Outcomes after Surgery (ICAROS) group based on a systematic review and meta-analysis of current literature. *Reg Anesth Pain Med*. 2021;46(11):971–985. doi: 10.1136/rapm-2021-102750
- 4.** Lavand'homme PM, Kehlet H, Rawal N, et al. Pain management after total knee arthroplasty: PROcedure SPECific Postoperative Pain Management recommendations. *Eur J Anaesthesiol*. 2022;39(9):743–757. doi: 10.1097/EJA.0000000000001691
- 5.** Fonkoué L, Behets C, Kouassi JK, et al. Distribution of sensory nerves supplying the knee joint capsule and implications for genicular blockade and radiofrequency ablation: an anatomical study. *Surg Radiol Anat*. 2019;41(12):1461–1471. doi: 10.1007/s00276-019-02291-y
- 6.** Tran J, Peng PWH, Gofeld M, et al. Anatomical study of the innervation of posterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention. *Reg Anesth Pain Med*. 2019;44(2):234–238. doi: 10.1136/rapm-2018-000015
- 7.** Kandarian BS, Elkassabany NM, Tamboli M, Mariano ER. Updates on multimodal analgesia and regional anesthesia for total knee arthroplasty patients. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2019;33(1):111–123. doi: 10.1016/j.bpa.2019.02.004
- 8.** Sari S, Kumar J, Turan A. New peripheral nerve blocks and local anesthetics. *Curr Opin Crit Care*. 2021;27(6):733–742. doi: 10.1097/MCC.0000000000000873
- 9.** Kampitak W, Tansatit T, Tanavalee A, Ngarmukos S. Optimal location of local anesthetic injection in the interspace between the popliteal artery and posterior capsule of the knee (iPACK) for posterior knee pain after total knee arthroplasty: an anatomical and clinical study. *Korean J Anesthesiol*. 2019;72(5):486–494. doi: 10.4097/kja.19060
- 10.** D'Souza RS, Langford BJ, Olsen DA, Johnson RL. Ultrasound-Guided Local Anesthetic Infiltration Between the Popliteal Artery and the Capsule of the Posterior Knee (IPACK) Block for Primary Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Local Reg Anesth*. 2021;14:85–98. doi: 10.2147/LRA.S303827
- 11.** Ezhevskaya AA, Zhulina EA, Andrianova TO, Morunova AYU. Optimization of regional analgesia after total knee arthroplasty based on ipack-block. *Regional Anesthesia and Acute Pain Management*. 2021;15(3):189–198. (In Russ). doi: 10.17816/1993-6508-2021-15-3-189-198
- 12.** Nikitina TP, Kulikov AYU, 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. (In Russ). doi: 10.21320/1818-474X-2022-2-132-142
- 13.** You D, Qin L, Li K, et al. A meta-analysis on advantages of peripheral nerve block post-total knee arthroplasty. *Korean J Pain*. 2021;34(3):271–287. doi: 10.3344/kjp.2021.34.3.271
- 14.** Tang X, Jiang X, Lei L, et al. IPACK (Interspace between the Popliteal Artery and the Capsule of the Posterior Knee) Block Combined with SACB (Single Adductor Canal Block) Versus SACB for Analgesia after Total Knee Arthroplasty. *Orthop Surg*. 2022;14(11):2809–2821. doi: 10.1111/os.13263
- 15.** Guo J, Hou M, Shi G, et al. iPACK block (local anesthetic infiltration of the interspace between the popliteal artery and the posterior knee capsule) added to the adductor canal blocks versus the adductor canal blocks in the pain management after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2022;17(1):387. doi: 10.1186/s13018-022-03272-5
- 16.** Wang JH, Ma HH, Chou TA, et al. Does the Addition of iPACK Block to Adductor Canal Block Provide Improved Analgesic Effect in Total Knee Arthroplasty? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Knee Surg*. 2023;36(4):345–353. doi: 10.1055/s-0041-1733882

17. Tak R, Gurava Reddy AV, Jhakotia K, et al. Continuous adductor canal block is superior to adductor canal block alone or adductor canal block combined with IPACK block (interspace between the popliteal artery and the posterior capsule of knee) in postoperative analgesia and ambulation following total knee arthroplasty: randomized control trial. *Musculoskelet Surg.* 2022;106(2):155–162. doi: 10.1007/s12306-020-00682-8

18. Kampitak W, Tanavalee A, Ngarmukos S, Tantavisit S. Motor-sparing effect of iPACK (interspace between the popliteal artery and capsule of the posterior knee) block versus tibial nerve block after

total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2020;45(4):267–276. doi: 10.1136/rapm-2019-100895

19. Niesen AD, Harris DJ, Johnson CS, et al. Interspace between Popliteal Artery and posterior Capsule of the Knee (IPACK) Injectate Spread: A Cadaver Study. *J Ultrasound Med.* 2019;38(3):741–745. doi: 10.1002/jum.14761

20. Tran J, Giron Arango L, Peng P, et al. Evaluation of the iPACK block injectate spread: a cadaveric study. *Reg Anesth Pain Med.* 2019;rapm-2018-100355. doi: 10.1136/rapm-2018-100355

ОБ АВТОРАХ

*** Андрианова Татьяна Олеговна;**

адрес: Российская Федерация, 603950, 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

Сушин Вильям Олегович;

ORCID: 0000-0003-2346-7810;
eLibrary SPIN: 5777-8748;
e-mail: sushin.nn@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., 603005, Nizhny Novgorod, Russian Federation;
ORCID: 0000-0002-4302-9925;
eLibrary SPIN: 1353-2809;
e-mail: tanya_andrianova_9@mail.ru

Anna A. Ezhevskaya, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor;

ORCID: 0000-0002-9286-4679;
eLibrary SPIN: 2371-2825;
e-mail: annaezhe@yandex.ru

Viliam O. Sushin;

ORCID: 0000-0003-2346-7810;
eLibrary SPIN: 5777-8748;
e-mail: sushin.nn@mail.ru

Valery I. Zagrekov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0001-8235-7705;
eLibrary SPIN: 7257-0344;
e-mail: zagrekov@list.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author