

# Анестезиологическое обеспечение больных с синдромом «диабетическая стопа» и критической ишемией нижних конечностей

**Казанин А. А.**

*м.н.с., отделение анестезиологии и реаниматологии*

**Загреков В. И.**

*д.м.н., в.н.с. руководитель, отделение анестезиологии и реаниматологии*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации ул. Верхне-Волжская Набережная, д. 18/1, г. Нижний Новгород, Россия*

## Аннотация

**Введение.** По данным Международной федерации диабета (International Diabetes Federation), число больных сахарным диабетом (СД) прогрессивно увеличивается. Ежегодно СД развивается у 7 млн. человек, и ежегодно 3,8 млн. умирают от причин, связанных с СД. СД является независимым фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и основной причиной смертности пациентов с СД 2-го типа. Профилактика и лечение поздних осложнений сахарного диабета, в том числе и синдрома диабетической стопы (СДС), является одной из важных проблем эндокринологии. **Цель исследования.** Анализ основных методов обезболивания с целью выбора анестезиологического пособия минимально воздействующего на сердечно-сосудистую, эндокринную, дыхательную и другие системы организма. Анестезиологическое обеспечение у этой сложной категории больных должно быть направлено не только на купирование выраженного болевого синдрома в периоперационном периоде, но и способствовать улучшению трофики тканей, так как боль поддерживает спазм и нарушения микроциркуляции. Выбор более безопасного метода анестезиологического обеспечения для пациентов этой группы позволит снизить риск развития тех или иных осложнений. **Материал и методы.** Авторами был осуществлен поиск и обзор литературных данных, а также информации в основных базах медико-биологических данных по теме: «анестезиологические методы для больных с СДС и критической ишемией нижних конечностей». Произведена оценка каждого метода и выявлены наиболее оптимальные из них. **Результаты исследования и их обсуждение.** Наибольшими преимуществами обладают эпидуральная и проводниковая анестезии. Эти методы анестезиологического обеспечения позволяют не только гарантировать качественную интраоперационную анестезию, но и могут быть применены для продленного обезболивания. Данные виды анестезий минимально воздействуют на сердечно-сосудистую систему. Также эпидуральная и проводниковая анестезии действуют на патогенетические механизмы заболевания. **Заключение.** Проводниковая анестезия, безусловно, может использоваться у всех пациентов с СДС и критической ишемией нижних конечностей. Учитывая трофические эффекты предпочтительно использовать продленную блокаду периферических нервов путем их катетеризации. В связи обязательным использованием антиагрегантной терапии эпидуральная анестезия не показана у этих больных.

**Ключевые слова:** диабетическая стопа, проводниковая анестезия, эпидуральная анестезия, спинальная анестезия, критическая ишемия нижних конечностей, транскутанное напряжение кислорода, микроциркуляция

doi: 10.29234/2308-9113-2018-6-1-42-71

## Введение

Профилактика и лечение поздних осложнений сахарного диабета (СД), в том числе и синдрома диабетической стопы (СДС), является одной из важных проблем

эндокринологии. Анестезиологическое обеспечение у этой сложной категории больных должно быть направлено не только на купирование выраженного болевого синдрома в периоперационном периоде, но и способствовать улучшению трофики тканей, так как боль поддерживает спазм и нарушения микроциркуляции. Фармакологическая симпатэктомия нервов нижней конечности длительно действующими амидными анестетиками в периоперационном периоде может улучшить трофику пораженной конечности и способствовать более благоприятному течению раневого процесса. Однако трофические эффекты регионарной анестезии при данной патологии изучены недостаточно. Некупированная хроническая боль, поддерживая спазм сосудов, может приводить к снижению уровня транскутанного напряжения кислорода, являющегося важным предиктором течения раневого процесса. Использование в качестве обезболивающих нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВС) у больных с СДС недостаточно эффективно, и может приводить к повреждению слизистой оболочки ЖКТ. Продленная блокада нервов нижних конечностей позволяет исключить прием НПВС и эффективно купировать болевой синдром.

Наличие у больных с СДС тяжелой соматической патологии обуславливает выбор анестезиологического пособия минимально воздействующего на сердечно-сосудистую, эндокринную, дыхательную и другие системы организма. Выбор более безопасного метода анестезиологического обеспечения для пациентов этой группы позволит снизить риск развития тех или иных осложнений. Анализ изменений микроциркуляции при различных методах обезболивания также имеет важное значение для выбора того или иного плана анестезиологического обеспечения.

## 1. Актуальность проблемы

Сахарный диабет – это гетерогенная группа метаболических расстройств, характеризующаяся гипергликемией, микро- и макроангиопатиями, а также сердечно-сосудистыми осложнениями. По данным Международной федерации диабета (International Diabetes Federation), число больных СД прогрессивно увеличивается. Ежегодно СД развивается у 7 млн. человек, и ежегодно 3,8 млн. умирают от причин, связанных с СД [6]. СД является независимым фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [86] и основной причиной смертности пациентов с СД 2-го типа. Длительная гипергликемия вызывает вегетативную дисфункцию сердца у пациентов с давним и плохо контролируемым диабетом [67], что подтверждено исследованиями вариабельности сердечного ритма и гемодинамики при выполнении спинальной анестезии у больных с СД [73].

Почти 25% больных сахарным диабетом страдает синдромом диабетической стопы. На фоне нарушения питания, иннервации и нейроэндокринного статуса создаются благоприятные условия для развития трофических язв нижних конечностей, которые

плохо поддаются лечению и значительно снижают качество жизни [45]. Вероятность выполнения высоких ампутаций при глубоких гнойно-некротических поражениях тканей достигает 30-70%, при этом летальность колеблется от 28 до 40%, а в последующие 5 лет выживает только 25-40% пациентов [36]. Важную роль в генезе этого осложнения играет наличие у больных сахарным диабетом смешанного типа гипоксии, обусловленной, прежде всего, нарушением кислородно-транспортной функции крови и расстройствами микроциркуляции. Диабетическая микроангиопатия, сопровождающаяся расстройствами микроциркуляции, затрудняет диффузию кислорода через капиллярную мембрану в ткани. При гипергликемии происходит неферментативное гликирование гликопротеинов клеток эндотелия и тромбоцитов, что обуславливает нарушение их функции [35].

Кроме того, диабетическая стопа является осложнением, которое приводит к длительной госпитализации, реабилитации, существенным расходам, связанным с уходом на дому, и социальным проблемам. Сохранение функционирующей конечности – важнейший вопрос лечения пациентов с СД. В этой связи актуальным является поиск новых альтернативных путей улучшения результатов лечения [36].

Базовой классификацией диабетической стопы для хирургов и эндокринологов является принятое разделение СДС на три клинические формы: нейропатическая, ишемическая (макро- и микроангиопатия) и смешанная. В зависимости от характера поражения нижней конечности определяют объем комплексной терапии [1].

Несмотря на совершенствование техники реконструктивно-восстановительных вмешательств, хирургическое лечение пациентов с данной патологией остается сложной проблемой. Эндоваскулярные вмешательства следует проводить первым этапом комплексного хирургического лечения, за исключением пациентов с влажными гангренами и флегмонами стопы, которым сначала выполняется условно-радикальная хирургическая обработка [32]. У пациентов с нейроишемической формой синдрома диабетической стопы для оценки характера и степени артериальной недостаточности нижних конечностей необходимо выполнять дуплексное ангиосканирование, а наличие критической ишемии подтверждать данными исследования парциального напряжения кислорода в коже стопы [32].

А.И. Аникин (2009) выделил 3 типа микроциркуляторных расстройств нижних конечностей у больных с СДС:

- компенсированный тип ( $TcPO_2$  (Transcutaneous partial oxygen tension, Транскутанное напряжение кислорода)  $>30$  мм.рт.ст., ЛДФ (Лазерная доплеровская флуометрия)  $> 1,0$  пф.ед. (перфузионные единицы)
- субкомпенсированный тип ( $TcPO_2$  20-30 мм.рт.ст., ЛДФ 0,3-1,0 пф.ед.)
- декомпенсированный тип ( $TcPO_2 < 20$  мм.рт.ст., ЛДФ  $< 0,3$  пф.ед.)

Выполнение оперативных вмешательств с ожидаемым хорошим результатом возможно только у больных с компенсированным или субкомпенсированным типом микрокровотока после предварительной сосудистой коррекции [2]. Таким образом, оправданное сохранение стопы возможно при компенсированном и субкомпенсированном типах кровотока после коррекции ишемии. При декомпенсированном типе показаны операции ампутации различного уровня.

## 2. Выбор метода обезболивания при хирургическом лечении СДС

В последние годы все большую популярность получают методики нейроаксиальных анестезий: спинномозговая (СМА), эпидуральная (ЭА) и комбинированная спинально-эпидуральная. Нейроаксиальные методы анестезии способны полностью блокировать ноцицептивную афферентацию, предотвращать нейровегетативные реакции и обеспечивать хорошую миорелаксацию [3]. В многочисленных исследованиях показано снижение количества осложнений по сравнению с общей анестезией [48,79]. Периоперационная смертность по причине сопутствующих заболеваний у пациентов моложе 65 лет в течении года после общей анестезии при внесердечных операциях составляет 5,5%, для пациентов старше 65 лет – 10,3%, [81]. Кроме того, СМА является экономически обоснованным методом анестезии. При сахарном диабете 2 типа происходят изменения в метаболизме сердечной мышцы, что приводит к повышению риска ишемии и снижению кардиопротективного эффекта ингаляционных анестетиков (севофлуран и изофлуран) [92].

Несмотря на широкую популярность нейроаксиальной анестезии, связанные с ней побочные эффекты и осложнения не позволяют считать этот метод обезболивания абсолютно безопасным [74]. Необходимо учитывать, что многие пациенты с СДС и критической ишемией нижних конечностей принимают дезагрегантные препараты, что увеличивает риск развития спинальной гематомы. Также возможными осложнениями являются непреднамеренная пункция субарахноидального пространства при эпидуральной анестезии и нарушения центральной гемодинамики, поэтому первостепенное значение приобретают вопросы безопасности пациента при проведении анестезии.

Проводниковая анестезия, благодаря своей безопасности, давно приобрела широкое распространение в хирургии, травматологии и ортопедии. Этот вид обезболивания предпочтителен для периоперационного обезболивания многих оперативных вмешательств на нижних конечностях [39]. В амбулаторной хирургии проводниковая анестезия позволяет сократить длительность периоперационного наблюдения, обеспечивает отличное послеоперационное обезболивание.

Блокада периферических нервов, в отличие от спинальной или эпидуральной анестезии, характеризуется гемодинамической стабильностью на всех этапах операций на нижних конечностях [13]. Отказ или уменьшение использования наркотических препаратов в интра- и послеоперационном периоде позволяет уменьшить число осложнений, связанных с применением этих препаратов [41]. Использование проводниковой анестезии существенно повышает безопасность анестезиологического пособия, что особенно важно у пациентов с отягощенным соматическим статусом и нарушением микроциркуляции [24].

Нарушение микроциркуляции при СДС происходит из-за структурных и функциональных изменений, в основе которых лежат метаболические нарушения, хронический болевой синдром и поражение периферической и автономной нервной системы [22,35]. Поэтому, по мнению Н.А. Ереминой (2003), существует необходимость использования у этой категории больных такого метода анестезиологического пособия, который бы минимизировал побочное воздействие на организм оперируемого и одновременно обладал бы лечебным эффектом. На сегодняшний день такими методиками обезболивания в периоперационном периоде являются проводниковая и эпидуральная виды анестезии. Проводниковая анестезия, а именно блокада бедренного и седалищного нервов, могут быть выполнены как однократной инъекцией анестетика, так и путем катетеризации перинеурального пространства для продленного обезболивания. Также заслуживают внимания спинальная и спинально-эпидуральная анестезии. Для выбора определенного вида пособия необходимо учитывать наличие и выраженность лечебного эффекта того или иного метода обезболивания, а также показания и противопоказания к их использованию.

## 2.1 Эпидуральная анестезия

В качестве основной причины многих послеоперационных осложнений рассматривается хирургический стресс-ответ – комплекс изменений нейроэндокринного, метаболического и воспалительного характера, развивающихся в результате хирургической травмы [26]. Снижение секреции и метаболической активности инсулина приводит к снижению утилизации глюкозы в периферических тканях и, как следствие, к гипергликемии. Применение методов нейроаксиальной анестезии и анальгезии позволяет превентивно блокировать как афферентные импульсы из области операции, так и эфферентную симпатическую стимуляцию к операционной ране, действуя тем самым на начальные этапы формирования стресс-ответа [20]. Общая анестезия не препятствует ноцицептивной стимуляции центральных структур, что приводит к сенсibilизации задних рогов спинного мозга и, как следствие, к развитию послеоперационного болевого синдрома. Системное введение после операции наркотических и ненаркотических анальгетиков, даже в больших дозах, не позволяет достаточно эффективно купировать послеоперационный болевой синдром, создавая избыточную седацию [20], в то время как эпидуральная

анальгезия позволяет обеспечить надежную антиноцицепцию на всех этапах операции [7].

Эпидуральная анестезия значительно ограничивает рост плазменной концентрации кортизола и циркулирующих цитокинов, а также процессы катаболизма. Именно интраоперационная регионарная анестезия обладает отчетливым стресс-лимитирующим действием, которое сохраняется и после операции [20]. Установлено, что эпидуральная анестезия, независимо от анальгетика и уровня установки катетера вызывает лучшее послеоперационное обезболивание по сравнению с парентеральным введением опиоидов [51]. Также доказано положительное влияние ЭА на метаболизм глюкозы, снижение потребности в инсулине [60].

Проведенные многоцентровые исследования показали, что в ранний послеоперационный период происходит снижение таких осложнений как венозные тромбэмболические осложнения и пневмония, что сопровождается меньшей летальностью при применении именно нейроаксиальных методов анестезии [79,48,85]. Применение пролонгированной эпидуральной блокады на этапе дохирургического лечения снижает риск развития фантомно-болевого синдрома после ампутации у пациентов с СДС [8].

Исследование региональной перфузии и оксигенации в икроножных мышцах у больных сахарным диабетом и волонтеров показало их снижение в группе больных СД. У здоровых лиц при выполнении физической нагрузки в мышцах голени происходило увеличение перфузии мышц в 10 раз, повышение уровня экстракции кислорода на 25% и 12-кратное увеличение скорости потребления кислорода в мышцах по сравнению с исходным показателем. У пациентов с СД увеличение этих параметров было только в шесть раз, на 2% и в шесть раз, соответственно [94]. Доказано, что длительная эпидуральная инфузия ропивакаина способствует открытию прекапиллярных сфинктеров с улучшением перфузии тканей голени и стопы, увеличению коллатерального кровотока и устранению анталгического положения конечности, что сопровождается уменьшением отека стопы и голени [56]. Для достижения обезболивания и сохранения двигательной активности в периоперационном периоде целесообразно применять низкие концентрации местных анестетиков для формирования дифференцированного блока (создание только сенсорной и симпатической блокады без моторной блокады) [8].

Эпидуральная анестезия обеспечивает периферическую вазодилатацию путем уменьшения спазма сосудов, улучшения периферического кровотока, что повышает трофику тканей в зоне дефекта [8]. При этом значительно увеличивается уровень транскутанного напряжения кислорода (Transcutaneous partial oxygen tension –  $T_{sp}O_2$ ). [90] Определение транскутанного напряжения кислорода считается золотым стандартом для оценки оксигенации тканей [73].  $T_{sp}O_2$  является более чувствительным и специфичным параметром, чем лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ, ankle brachial index – ABI) [83]. Кроме того, применение эпидуральной анестезии позволяет уменьшить вязкостные показатели крови, агрегацию и деформируемость эритроцитов, что в сочетании с ранней



активизацией пациентов обеспечивает профилактику тромботических и тромбоэмболических осложнений [8].

## 2.2 Эпидуральная анестезия в послеоперационном периоде

Адекватность послеоперационной анальгезии определяется эффективностью защиты сегментарных структур ЦНС (задние рога спинного мозга), где осуществляются модуляция и передача ноцицептивной информации с нейронов первого порядка на нейроны второго порядка и восходящие пути ноцицептивной системы [27]. Говорить о преимуществах длительной ЭА стало возможным только после появления в клинике ропивакаина, который сразу же стал рассматриваться как местный анестетик выбора для послеоперационной анальгезии. Фармакокинетика наропина имеет почти идеальный профиль безопасности, кроме того, в концентрации 0,2% он обеспечивает дифференцированную блокаду (в большей степени сенсорную, в меньшей степени моторную), что способствует ранней активизации пациентов. Также вызванные оперативным вмешательством иммуносупрессивный эффект, метаболические и эндокринные нарушения сохраняются на протяжении 48-72 часов [28]. Эпидуральная анестезия значительно снижает стресс-ответ на оперативное вмешательство, однако данное влияние реализуется только при условии продленной анестезии от 48 до 72 часов [28]. В послеоперационном периоде эпидуральная анальгезия также положительно сказывается на уровне парциального напряжения кислорода в периферических тканях, увеличивая его на 15-20 мм. рт. ст. [90]. Некупированная послеоперационная боль, напротив, снижает парциальное напряжение кислорода в периферических тканях на 15 мм. рт. ст. за счет вазоконстрикции [44].

Однако выполнение ЭА на фоне назначения антикоагулянтов и, особенно, антиагрегантов, у больных с СДС и критической ишемией нижних конечностей может осложняться развитием эпидуральной гематомы [74]. Причиной этого осложнения, как полагают, является травма эпидуральных сосудов во время постановки или удаления катетера [58,74]. Повреждение эпидуральных вен, по данным Horlocker T.T. (2011), происходит в 3-12% случаев попыток эпидуральной катетеризации. Поэтому как постановку, так и удаление эпидурального катетера необходимо строго соотносить со временем применения антикоагулянтов.

Другим опасным осложнением ЭА у больных с синдромом «диабетическая стопа» может быть эпидуральный абсцесс и менингит. При выполнении эпидуральной анестезии не было выявлено ни одного случая менингита и эпидурального абсцесса в серии из 9 232 катетеризаций эпидурального пространства у больных без очага гнойной инфекции [55]. В исследование Stabille D.M. et. al. 2015 было включено 68 пациентов, которым выполнялась катетеризация эпидурального пространства: из отделения общей хирургии (23), урологии (16), проктологии (14), торакальной хирургии (7), травматологии (4), и гинекологии (4). Средняя продолжительность использования катетера был 43.45 ч (18-

118). С помощью стерильного лезвия, дистальный конец катетера срезали на расстоянии 3-4 см, разрезали, помещали в стерильный контейнер и производили посев. Рост культуры был положительным в шести случаях (8,8%). Однако ни один пациент не имел каких-либо признаков воспаления в месте установки катетера, не наблюдалось ни одного случая развития эпидурального абсцесса, инфекции ЦНС или системной инфекции. Можно подвести итог, что использование эпидуральной анестезии у пациентов с очагом гнойной инфекции при соблюдении правил асептики безопасно [70].

В целом данные различных исследований свидетельствуют о том, что эпидуральные абсцессы чаще развиваются у пациентов с большими сроками катетеризации. Кроме того, у большинства этих пациентов отмечается снижение иммунного статуса (онкология, сахарный диабет, политравма и т. д.). Также риск выше у пациентов получающих лечение антикоагулянтами в периоперационном периоде. Ряд исследований отмечает, что эпидуральная анестезия может быть безопасно выполнена у пациентов с признаками системной инфекции, если антибактериальная терапия начата до выполнения пункции [29,61].

### 2.3 Спинномозговая анестезия

В большинстве случаев продолжительности спинальной анестезии 0,5% раствором маркаина достаточно для выполнения операций на нижних конечностях. Высокая скорость наступления блокады, выраженная релаксация мышц и выраженный симпатический блок делают спинальную анестезию эффективным методом интродерационного обезбоживания. Спинальная анестезия, действуя на начальные этапы формирования хирургического стресс-ответа, приводит к купированию иммуносупрессии и различных метаболических и эндокринных нарушений, вызванных оперативным вмешательством [20]. При нейроаксиальных методах анестезии происходит снижение частоты инфекционных осложнений по сравнению с общей анестезией [77]. Данные исследования Liu J. et al (2013) указывали на сокращение на 49% риска пневмонии ( $P=0,021$ ) и снижение на 23% системных инфекционных осложнений ( $P=0,004$ ) при выполнении протезирования коленного сустава [77]. Также при выполнении нейроаксиальных блокад происходят менее выраженные изменения систем перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты по сравнению с общей анестезией [5]. Нормотензивная спинальная анестезия сопровождается значимо меньшим объемом интраоперационной и общей кровопотери по сравнению с общей анестезией при выполнении протезирования тазобедренного сустава [9].

Недостаток СМА – непродолжительность действия, что требует назначения наркотических анальгетиков (НА) в послеоперационном периоде. Однако послеоперационное обезбоживание наркотическими анальгетиками дает худший эффект, чем применение продленной эпидуральной анальгезии. Также НА не купируют хирургический стресс-ответ как в интра-, так и в послеоперационном периоде.



Еще одним недостатком применения спинальной анестезии является гипотония, которая особенно опасна у пациентов с мультифокальным атеросклерозом. Для профилактики гипотонии используются адrenomиметики в сочетании инфузионной терапией или без нее. Исследования влияния норадреналина и эфедрина на перфузию кожи при спинальной анестезии показали, что увеличенная кожная перфузия в зоне действия блока не уменьшается при введении этих препаратов [71]. Исследование гемодинамики у пациентов с СД при выполнении спинальной анестезии не выявило различий между группами пациентов с контролируемым уровнем гликемии ( $HbA1c < 7\%$ ) и пациентов с неконтролируемой гликемией ( $HbA1c > 7\%$ ) [72].

Наличие септических осложнений является относительным противопоказанием для выполнения спинальной анестезии. При выполнении пункции субарахноидального пространства происходит нарушение гематоэнцефалического барьера и возможно попадание инфицированной крови в субарахноидальное пространство, что гипотетически может приводить к бактериальной колонизации [29]. Однако данные исследования Rasouli M.R., Cavanaugh P.K., Restrepo C. et al (2015) говорят об отсутствии случаев развития менингита и об одном случае эпидурального абсцесса из 134 пациентов с перипротезной инфекцией при использовании спинальной анестезии [87]. Имеется несколько подобных исследований, и во всех авторы сходятся во мнении, что риск развития инфекции ЦНС после выполнения спинальной анестезии у пациентов с очагом гнойной инфекции очень низкий [61,70]. Местные анестетики (МА), в свою очередь, обладают бактериостатическим, а по некоторым данным и бактерицидным действием. Однако, для безопасного выполнения СМА рекомендуется начать антибактериальную терапию до выполнения пункции [29,61].

Неврологические осложнения при СМА могут быть вызваны действием местных анальгетиков (МА). Одним из примеров нейротоксичности МА является транзиторный неврологический синдром. Пока неясно, обусловлен ли он прямым нейротоксическим действием МА, нарушением распределения МА и их накоплением вокруг определенных нейрональных структур, непосредственной травмой нервного корешка во время пункции или по причине ранней мобилизации. Существует предположение, что литотомическое положение приводит к натяжению конского хвоста, снижению тканевой перфузии и увеличению проницаемости нервных волокон для анестетика [29].

При наличии измененной свертывающей системы выполнение СМА может приводить к развитию эпидуральной или спинальной гематомы [18]. Часто независимо от локализации по отношению к менингеальным оболочкам их объединяют термином «спинальная гематома», хотя истинно субарахноидальные кровотечения фиксируются редко в связи с размытостью клинической картины в отличие от эпидуральных кровоизлияний, при которых кровотечение происходит в замкнутое пространство с последующим развитием неврологических осложнений [17]. Распространенность спинальной гематомы – 1:220 000 спинальных анестезий [17,91]. Клинические признаки спинальной гематомы могут появиться спустя 3 дня после пункции субарахноидального

пространства. Чаще первично развиваются нарушения функции тазовых органов, сенсорные нарушения и мышечная слабость в нижних конечностях, болевые ощущения имеют место не более чем у 50% пациентов [29]. Прием антикоагулянтов и антиагрегантов у больных с синдромом «диабетическая стопа» и критической ишемией нижних конечностей является распространенной практикой, тем самым ограничивая применение СМА.

Также к осложнениям СМА в послеоперационном периоде относятся постпункционная головная боль (ППГБ) и парестезии. В среднем частота парестезий при пункции субарахноидального пространства составляет 13-15%, постпункционной головной боли около 3% [29]. Наиболее значимым фактором риска ППГБ является диаметр спинальной иглы и ее тип. Причем тип иглы (предпочтительны иглы с кончиком в виде заточенного карандаша – типа pencil-point) имеет большее значение, чем диаметр.

## 2.4 Проводниковая анестезия

Одним из перспективных методов обезболивания является блокада периферических нервов (БПН). Уже в 1936 г. Beverly C.S. применяет хирургический метод блокады нервов нижних конечностей у пациентов с заболеваниями артерий и получает положительный результат. Происходит уменьшение болевого синдрома, повышение температуры больной конечности и уменьшается число требуемых ампутаций [50].

Проводниковая анестезия занимает особое положение, так как позволяет надежно обеспечить анальгетический эффект и тем самым предупредить развитие нейровегетативных, гормональных и иных патофизиологических нарушений, вызываемых операционной травмой [41]. Применение длительной блокады седалищного нерва дает возможность выполнять оперативное вмешательство на нижней конечности в полном объеме, гарантирует достаточную двигательную и сенсорную блокаду, позволяет отказаться от применения наркотических анальгетиков как в интраоперационном, так и в послеоперационном периодах [14,88].

У пациентов с критической ишемией нижних конечностей и сахарным диабетом проводниковая анестезия во время оперативного вмешательства не приводит к изменениям метаболического и респираторного компонентов кислотно-основного состояния артериальной крови, в то время как использование тотальной внутривенной анестезии приводит к увеличению  $pCO_2$  и снижению  $pO_2$  в артериальной крови, усугубляя ацидоз [39]. Также пациенты, оперируемые в условиях периферических блокад, нуждаются в минимальном наблюдении в послеоперационном периоде [13]. Преимуществами методов проводниковой анестезии является: а) возможность сохранения обычного режима питания; б) отсутствие необходимости коррекции привычных схем инсулинотерапии; в) высокая адекватность анестезии во время

операции, исключая гипергликемическую стресс-реакцию; г) длительное обезболивание [41,40].

Проводниковая анестезия приводит к улучшению кровоснабжения и микроциркуляции дистального русла у пациентов с критической ишемией и сахарным диабетом, тем самым стабилизирует течение раневого процесса и сокращает сроки заживления [14,39]. Использование проводниковой анестезии достоверно снижает число повторных оперативных вмешательств у больных с СДС [15]. Исследования, проведенные на верхних конечностях при проведении симпатэктомии с помощью блокады плечевого сплетения лидокаином и гипербарической оксигенации (ГБО), показали значительное повышение уровня  $TcрO_2$ . В группах пациентов, где блокада плечевого сплетения и ГБО применялись изолированно, повышение уровня  $TcрO_2$  было менее выражено [89].

При ампутации нижней конечности, что не редкость для течения синдрома «диабетическая стопа», неблагоприятным осложнением является наличие в послеоперационном периоде фантомной боли. Недавние исследования применения продленной блокады периферических нервов показали эффективность в борьбе с этим осложнением [52].

Использование блокад периферических нервов на фоне проведения тромбопрофилактики является более безопасной методикой обезболивания по сравнению с нейроаксиальными методами [53,21]. Ограничения, по мнению Г. Майер, накладываются только на область шеи, туловища и головы. Выполнение «больших» периферических блокад, где невозможна компрессия сосуда при непреднамеренном его повреждении, у пациентов, получающих антикоагулянты, должно осуществляться с такими же предосторожностями, как и при спинальной или эпидуральной анестезиях [63,18]. При этом применение методик поиска нервов и сплетений с помощью ультразвука не уменьшает степень риска геморрагических осложнений [18].

Наиболее опасными осложнениями блокад периферических нервов является внутрисосудистое введение анестетика и повреждение нерва иглой. Полного или значительного регресса повреждения нерва можно ожидать через недели или месяцы [21]. Инфицирование точки пункции и генерализованная инфекция – чрезвычайно редкие осложнения. Риск повышен при выполнении перинеуральной катетеризации [21]. Частота неврологических осложнений, возникающих после периферических блокад, меньше, чем частота осложнений, связанная с нейроаксиальными методиками.

Несмотря на широкое клиническое применение блокад периферических нервов, ряд вопросов остаются без ответа. Во-первых, являются ли местные анестетики более токсичными для периферических нервов при диабетической полинейропатии. Во-вторых, снижается или нет эффективность использования нейростимулятора для определения положения иглы относительно нерва у больных сахарным диабетом. Данные Keyl С. (2013) говорят о повышении моторного порога у больных с СДС [68]. В-третьих, возрастает

ли вероятность повреждения нервов у таких больных. Результаты опроса 584 членов Европейского общества регионарной анестезии и лечения острой боли показали, что более 80% согласились с безопасностью выполнения блокад периферических нервов у пациентов с диабетической полинейропатией [76]. Также нет научно обоснованных рекомендаций для дозирования местных анестетиков при блокадах периферических нервов у пациентов с сахарным диабетом. Предположительно, в будущем исследования в отношении блокад периферических нервов у больных сахарным диабетом будут включать исследование нетоксичных адъювантов [93]. Исследование продолжительности блокады седалищного нерва у больных СД и без СД, при использовании ропивакаина показали удлинение времени блока у больных с сахарным диабетом [54]. У пациентов с СД длительность сенсорного блока составила 21 час, у пациентов без СД – 17 часов, длительность моторного блока – 16 и 12 часов соответственно.

При сравнении эффективности продленной блокады периферических нервов с эпидуральной анальгезией данные говорят в пользу катетеризации седалищного нерва. В группе проводниковой анестезии наблюдался лучший уровень обезболивания через 3 и 12 часов после операции на стопе [82]. Бесспорно, влияние на гемодинамику при введении анестетика в эпидуральное пространство более выражено. Использование поясничной ЭА может приводить к синдрому обкрадывания коронарного кровотока, по причине компенсаторной вазоконстрикции сосудов верхней половины тела в ответ на симпатическую блокаду сосудов нижних конечностей и таза [4]. Однако исследования по изучению исходов после выполнения проводниковой и эпидуральной анестезии не показали различий в смертности и числе осложнений [66]. Что касается интраоперационных осложнений, то случаи гипотонии, задержки мочи и зуда были выше при использовании эпидуральной анестезии, по сравнению с группой пациентов с блокадой периферических нервов [84]. Кроме того, пациенты с эпидуральным обезболиванием требуют большего объема инфузионной терапии [84].

Исследование гемодинамики при проведении проводниковой анестезии у пациентов с СДС показало снижение сердечного выброса на 19% и повышение общего сосудистого сопротивления на 25% [31]. При сравнении блокад периферических нервов и односторонней спинальной анестезии при выполнении малых ампутаций, при БПН наблюдается более стабильные показатели гемодинамики и лучшее послеоперационное обезболивание [16].

В задачи анестезиологического обеспечения в настоящее время включено и качественное обезболивание раннего послеоперационного периода. Это может быть реализовано различными вариантами продленной проводниковой анестезии. Некоторые авторы предлагают использовать метод автоматизированного прерывистого болюсного введения местных анестетиков к периферическим нервам через катетер, так как данные говорят о более высокой эффективности данного метода обезболивания по сравнению с непрерывной инфузией [62]. Исследования показали, что для продленной проводниковой анестезии седалищного нерва наилучшим расположением катетера будет являться

уровень на 5 см выше бифуркации седалищного нерва [80]. В отличие от одиночной инъекции анестетика, для которой более дистальное введение будет предпочтительнее. Однако отсутствуют исследования зависимости уровня установки перинеурального катетера на выраженность трофических эффектов блокады. Также неизвестна эффективная концентрация местного анестетика при которой выраженность трофических эффектов будет максимальна, и существует ли вообще такая зависимость.

Наш опыт использования регионарной анестезии при операциях по поводу СДС насчитывает более 30 лет, в том числе последние 6 лет – при эндоваскулярной хирургии, что позволило сформулировать ряд алгоритмов:

- при эндоваскулярных вмешательствах у пациентов с критической ишемией нижних конечностей – оптимально использование ПА седалищного, а в некоторых случаях еще и бедренного нервов длительно действующими местными анестетиками;
- при ампутациях на уровне голени, при вмешательствах на стопе предпочтительней использовать блокаду седалищного и бедренного нервов длительно действующими местными анестетиками;
- при экзартикуляции на уровне коленного сустава, при ампутациях на уровне нижней и средней трети бедра – оптимально выполнение ПА бедренного и седалищного нерва в сочетании, в ряде случаев, с малообъемной СМА;
- при ампутациях на уровне средней и верхней трети бедра – ПА бедренного и седалищного нервов в сочетании с СМА изобарическим раствором маркаина «Спинал» на фоне поверхностной седации;
- при приеме в предоперационном периоде современных антиагрегантов предпочтение отдается ПА независимо от уровня вмешательства. При недостаточном уровне обезболивания ПА сочетают с поверхностной или глубокой седацией (бензодиазепины, фентанил, микродозы кетамина, пропофол) или общим обезболиванием.

Широкое использование ПА при СДС обусловлено не только тем, что метод безопасен, но и с его трофическими эффектами. Так, проделанное нами исследование показало, что проводниковая анестезия седалищного нерва длительно действующим амидным анестетиком приводит к значимому увеличению показателя среднего значения микроциркуляции и напряжения кислорода в тканях через сутки после выполнения блокады [11]. Вероятно, отсроченный эффект блокады обусловлен нарушением ауторегуляции микроциркуляторного русла в результате основного заболевания.

### 3. Особенности анестезиологического обеспечения у больных с критической ишемией нижних конечностей

Одну из наиболее тяжелых групп сосудистых больных составляют пациенты с так называемой критической ишемией нижних конечностей [37].

Критическая ишемия конечности – синдром декомпенсации хронической артериальной недостаточности конечности вследствие заболевания артерий нижних конечностей, основными клиническими признаками которого являются боль в покое, не купируемая наркотическими анальгетиками и (или) наличие язвенно-некротического процесса стопы. Как правило, подобные осложнения возникают на фоне:

- лодыжечного артериального давления (ЛАД) 50-70 мм. рт. ст (или лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) меньше 0,4);
- транскутанного напряжения кислорода 30-50 мм. рт. ст. [33,34]

Частота сопутствующей коронарной патологии в данной группе достигает до 90% и выше. Характерной особенностью пациентов с атеросклеротической окклюзией артерий нижних конечностей и критической ишемией является наличие выраженного болевого синдрома в состоянии покоя. Болевой синдром слабо купируется наркотическими анальгетиками, он лишает пациентов сна, боль несколько уменьшается при опускании конечности, что постепенно приводит формированию гипостатического отека и воспалительно-некротических изменений на стопе [37,69]. Болевой синдром является фактором прогрессирования ишемии за счет артериолоспазма, нарушения микроциркуляции и хронической гипоксии тканей [59]. Для купирования хронического болевого синдрома применяются наркотические и ненаркотические анальгетики, которые характеризуются такими побочными действиями, как поражение ЖКТ и наркотическая зависимость.

По данным разных авторов сопутствующая ИБС встречается у 50-70% больных, подвергающихся оперативному лечению на магистральных сосудах [37]. По мнению академика А.В. Покровского, ни в одной из других хирургических дисциплин исход оперативного лечения пациентов с высоким риском не зависит в такой степени от анестезии и послеоперационного ведения, как в сосудистой хирургии. Возникновение выраженного послеоперационного болевого синдрома приводит к гиперактивации симпатической нервной системы и сопровождается тахикардией, гипертензией, повышением периферического сосудистого сопротивления, что особенно опасно у лиц с сопутствующей сердечно-сосудистой патологией [47,49]. Поэтому обеспечение гемодинамической стабильности на всех этапах операции, надежной интра- и послеоперационной анальгезии – основные требования к анестезиологическому обеспечению в ангиологии [37].



Реконструктивно-восстановительные операции при критической ишемии, являясь основным методом спасения конечности, возможны только в 60% случаев. В 40% случаев реконструктивные операции невозможны из-за высокого риска возникновения осложнений, связанных с сопутствующей патологией, наличием поражений нескольких артериальных бассейнов, преимущественно коронарного и церебрального [26].

Использование в качестве метода обезболивания при подобных вмешательствах спинальной или спинально-эпидуральной анестезии способствует нивелированию гиперкоагуляционного состояния системы гемостаза [12]. Напротив, тотальная внутривенная анестезия в сочетании с миоплегией и ИВЛ приводит к усугублению тромбофилической предрасположенности [12]. Кроме того, СМА и ЭА, по сравнению с общей анестезией оказывают минимальное воздействие на изменение плазменных концентраций глюкозы и кортизола, кислотно-щелочное состояние, углеводный обмен и гормональный стресс-ответ [75,25,23].

Исследования, проведенные Ghanami R.J. et al (2013), включали 5462 пациентов, которым выполнялись шунтирующие операции на нижних конечностях. Из них 4768 операций выполняли под общей анестезией и 694 операций с использованием регионарной анестезии (спинальной и/или эпидуральной анестезией). Однако, по результатам исследования не выявлено отличий в показателях смертности, частоты несостоятельности трансплантата и послеоперационной пневмонии между группами общей и регионарной анестезии [57].

По мнению Новикова А.Ю. (2009) наиболее эффективным методом лечения ишемического болевого синдрома в комплексе предоперационной подготовки у больных с хронической критической ишемией нижних конечностей является продленная эпидуральная анестезия [26]. Она позволяет стабилизировать гемодинамику, концентрацию кортизола, метаболитов (глюкозы, лактата), показателей регионарного кровотока, и, таким образом, добиться адекватной, комфортной и безопасной анальгезии [10]. Исследования показали, что длительная эпидуральная анальгезия на поясничном уровне 0,2% раствором наропина вместе с фентанилом в течение 3-5 суток позволяет эффективно бороться с болевым синдромом. Интенсивность боли снижается в 5 раз с  $6,8 \pm 0,18$  до  $1,3 \pm 0,1$  баллов по ВАШ. При этом отмечается улучшение показателей центральной гемодинамики в виде снижения общего периферического сосудистого сопротивления на 46,5% и повышения фракции выброса на 19,7% [37]. Данные изменения происходят на фоне снижения активности симпатической вегетативной нервной системы. Таким образом, проведение длительной эпидуральной анальгезии достоверно улучшает функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и тем самым позволяет повысить резервно-адаптационные возможности организма перед выполнением сложных реконструктивных операций [37].

Однако, использование эпидуральной анестезии у пациентов, принимающих дезагрегантные и/или антикоагулянтные препараты в лечебных дозах невозможно из-за риска развития неврологических осложнений.

Внутривенное введение гепарина после субарахноидальной пункции должно быть отсрочено не менее чем на 1-2 часа [29]. Одномоментная СА является достаточно безопасной методикой у пациентов, получающих профилактические дозы НМГ. Рекомендуется выполнять спинальную пункцию не ранее чем через 12 часов после последней инъекции НМГ пункции [29]. У пациентов, получающих лечебные дозы НМГ, требуется большая отсрочка для выполнения СА (24 часа). Анализ безопасности ЭА и СА у 1013 пациентов, 39% которых принимали НПВП, не выявил ни одного случая эпидуральной гематомы [64,65].

С этих позиций, безусловно, использование проводниковой анестезии в интродерационном периоде показано у пациентов с ишемической формой поражения дистального русла и сахарным диабетом [39]. Использование блокады седалищного нерва у больных с критической ишемией нижних конечностей продемонстрировало адекватный уровень обезболивания и долговременный эффект [59]. Исследование, проведенное Gomon M.L. (2014) у больных с хронической критической ишемией нижних конечностей на фоне атеросклероза продемонстрировало благоприятный эффект катетеризации седалищного нерва. Испытуемым проводили продленную блокаду седалищного нерва амидными анестетиками (0,25% бупивакаин) для создания селективной сенсорной блокады. По итогам исследования было выявлено снижение интенсивности болевого синдрома, нормализация сна у пациентов, которым выполнялась продленная блокада седалищного нерва. Также у этих больных не применялись наркотические анальгетики, так как использование НПВП на фоне блокады седалищного нерва было достаточно для адекватного обезболивания. Выявлено повышение температуры пораженной конечности и ускорение репаративных процессов [59]. Исследование Флягин Т. С., Кохно В. Н., Локтин Е. М. (2015) продемонстрировало положительное влияние продленной блокады седалищного нерва в сравнении с однократной инъекцией анестетика и общей анестезией на показатели динамики снижения уровня пресепсина и ПЛИ. При продленной блокаде седалищного нерва было выявлено ускорение процесса элиминации продуктов метаболизма бактериальных агентов и увеличение количества фибробластов в ране за счет улучшения доставки кислорода [43]. По мнению автора, к данным эффектам приводит снижение ишемии седалищного нерва и восстановление его функциональной активности [42]. Это позволяет сделать вывод о том, что использование проводниковой анестезии в комплексной терапии ишемии нижних конечностей является определяющим фактором в улучшении качества лечения [19].

Катетеризация перинеурального пространства может быть осуществлена пациенту сразу после поступления в стационар. Тем самым, создается возможность использовать этот метод анестезии на всех этапах лечения пациентов с критической ишемией.

Симпатическая блокада, возникающая при проводниковой анестезии, позволяет избежать реперфузионных осложнений [26].

Применение дезагрегантных и антикоагулянтных препаратов не являются абсолютным противопоказанием для применения проводниковой анестезии. Лучший уровень обезболивания по сравнению с эпидуральной анестезией, минимальное влияние на гемодинамику, а также безопасность и эффективность делает выбор проводниковой анестезии предпочтительным [78].

## Заключение

На сегодняшний день нет единого мнения по поводу идеального метода анестезии и анальгезии в периоперационном периоде у пациентов с СД и критической ишемией нижних конечностей. Однако наибольшими преимуществами обладают методы эпидуральной анестезии и блокады периферических нервов. Показания к применению блокады периферических нервов гораздо шире в сравнении с эпидуральной и спинальной анестезией. Возможные осложнения эпидуральной катетеризации более серьезные, по сравнению с осложнениями при блокаде нервов. Прием антикоагулянтов и антиагрегантов не является абсолютным противопоказанием для выполнения блокад. Эпидуральные катетеры, как и катетеры к периферическим нервам подвержены случайному удалению. Также нельзя забывать о риске инфицирования места установки катетера.

Определение функционального состояния вегетативной нервной системы на дооперационном этапе у больных с синдромом диабетической стопы позволяет выявить больных с низкими резервами сердечно-сосудистой системы и прогнозировать нарушения гемодинамики во время анестезии [30]. Регионарные методы анестезии показаны при низких функциональных резервах сердечно-сосудистой системы, а внутривенная анестезия может проводиться у больных с гнойно-некротическими формами диабетической стопы при наличии достаточных функциональных резервов сердечно-сосудистой системы.

ПА, безусловно может использоваться у всех пациентов с СДС и критической ишемией нижних конечностей. Учитывая трофические эффекты предпочтительно использовать продленную блокаду периферических нервов путем их катетеризации. В связи обязательным использованием антиагрегантной терапии эпидуральная анестезия у этих больных не показана.

## Литература

1. Акашев А.В. Классификация диабетической стопы «LANOTPAD». *Медицинский альманах* 2013; (5): 165-168.
2. Аникин А.И. Значение оценки микроциркуляторных расстройств в хирургическом лечении гнойно-некротических поражений при синдроме диабетической стопы. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Москва, 2009. 110 с.
3. Анисимов О.Г. Оптимизация регионарной анестезии в травматологии и ортопедии. Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.м.н. Санкт-Петербург, 2011. 177 с.
4. Гаряев Р.В. Спинально-проводниковая анестезия/анальгезия – новый подход к обезболиванию или ненужная комбинация «старых» методов? *Регионарная анестезия и лечение острой боли* 2011; 5 (4): 20-29.
5. Глуценко В.А. Выбор и обоснование методов нейроаксиальных анестезий при операциях на органах брюшной полости и нижних конечностях. Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.м.н. Санкт-Петербург, 2009. 293 с.
6. Дорофеева Г.Б., Дорофеев И.В. Взаимосвязь развития метаболических нарушений и инсулинорезистентности у пациентов с сахарным диабетом. *Consilium medicum* 2015; (10): 77-80.
7. Ежевская А.А. Оптимизация мультимодальной анестезии при операциях хирургической коррекции сколиоза. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук* 2011; (3-1): 28-33.
8. Еремина Н.А. Пролонгированная эпидуральная блокада как специальный компонент комплексного лечения больных с синдромом диабетической стопы. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Воронеж, 2003. 146 с.
9. Загреков В.И. Анестезиологическое обеспечение операций эндопротезирования тазобедренного сустава. Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.м.н. Москва, 2011. 346 с.
10. Казаков Ю.И., Белов И.В., Хатыпов М.Г. и др. Предоперационная подготовка больных с критической нижней конечности ишемия и выраженным болезненным синдромом. *Ангиология и сосудистая хирургия* 2004; 10(4): 73-78.
11. Казанин А.А., Загреков В.И., Бобров М.И., Перетягин П.В. Влияние проводниковой анестезии на кровоток и транскутанное напряжение кислорода у больных с синдромом «диабетическая стопа» *Современные проблемы науки и образования* 2016; (6). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26039>
12. Квитко И.А. Обоснование выбора метода анестезиологического пособия при реконструктивных операциях у больных атеросклеротическими окклюзиями артерий бедренно-подколенного сегмента. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Ростов-на-Дону, 2005. 144 с.
13. Кохан З.В. Брухнов А.В. Печерский В.Г. Марочков А.В. Сравнительная оценка состояния гемодинамики у пациентов при блокадах периферических нервов и спинномозговой анестезии во время операций на нижних конечностях. *Регионарная анестезия и лечение острой боли* 2014; 3(8): 21-25.
14. Кохно В.Н. Локтин Е.М. Зотов В.А. Флягин Т.С. Проводниковая анестезия при оказании помощи больным с нарушениями углеводного обмена. *Мир науки, культуры, образования* 2013; (5): 389-401.
15. Кохно В.Н. Локтин Е.М. Сухарева С.О. Пролонгированная блокада седалищного нерва у геронтологических пациентов в послеоперационном периоде при синдроме диабетической стопы. *Вестник новых медицинских технологий* 2013; (1): 107-109.

16. Кробот Р. Сравнение одностороннего спинального блока и блокады седалищного нерва в подколенной ямке для проведения трансметатарзальной ампутации стопы у пожилых пациентов. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2012; 4(6): 16-21.
17. Кучин Ю.Л. Нейроаксиальная анестезия у пациентов, нуждающихся в профилактике тромботических осложнений с использованием антикоагулянтов. *Медицина неотложных состояний* 2009; (3): 22-23.
18. Кучин Ю.Л., Тарасенко С.А Региональная анестезия у пациентов с травмой: проблемы антикоагулянтной и дезагрегантной терапии. *Травма* 2011; 1(12): 103-110.
19. Левина Е.Л., Чвикалов Е.С., Наливайко В.Е. Инвазивная ультрасонография при блокаде седалищного нерва у больного с критической ишемией нижних конечностей. *Регионарная анестезия и лечение острой боли* 2009; 3(4): 45-48.
20. Любошевский П.А. Забусов А.В Тимошенко А.Л. Коровкин Д.В. Ограничение метаболических и воспалительных изменений в послеоперационном периоде: роль регионарной анестезии и анальгезии. *Российский медицинский журнал* 2013; (5): 15-19.
21. Майер Г., Бюттнер Й. Периферическая регионарная анестезия: атлас. Пер. с англ. под ред. П. Р. Камчатнова. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 260 с.
22. Малолеткин А.В. Гипербарическая оксигенация в комплексе интенсивной терапии синдрома диабетической стопы. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Новосибирск, 2010. 21 с.
23. Матвева А.С. Влияние комбинированной спинально-эпидуральной анестезии на показатели сердечно-сосудистой системы и гомеостаза при реконструктивных операциях на аортоподвздошном сегменте. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Саратов, 2005. 167 с.
24. Недзвецкий С.В. Повышение эффективности и безопасности проводниковой анестезии в хирургии нижних конечностей. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Екатеринбург, 2009. 106 с.
25. Новиков А. Ю., Голуб И.Е., Майстровский К. В. Мультиmodalная терапия хронического болевого синдрома у больных с критической ишемией нижних конечностей. *Сибирский медицинский журнал* 2008; (2): 47-51.
26. Новиков, А. Ю. Продленная эпидуральная анальгезия в предоперационном периоде у больных с хронической критической ишемией нижних конечностей. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Екатеринбург, 2009. 127 с.
27. Овечкин А.М. Хирургический стресс-ответ, его патофизиологическая значимость и способы модуляции. *Регионарная анестезия и лечение острой боли* 2008; (2): 49-62.
28. Овечкин А.М., Любошевский П.А., Артамонова Н.И. Нарушения гемостаза как компонент хирургического стресс-ответа и возможность их коррекции. *Анестезиология и реаниматология* 2012; (3): 44-48.
29. Овечкин А.М., Осипов С.А., Осложнения спинальной анестезии: факторы риска, профилактика и лечение. *Медицина неотложных состояний* 2008; (4): 17.
30. Оруджева С.А. Технология анестезиологического обеспечения в периоперационном периоде у больных с гнойно-некротическими формами синдрома диабетической стопы Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.м.н. Москва, 2006. 198 с.
31. Оруджева С.А., Звягин А.А, Курочкина А.И. Центральная гемодинамика при проводниковой анестезии у больных с гнойно-некротическими формами диабетической стопы. *Анестезиология и реаниматология* 2005; (3): 15-17.

32. Пасхалова Ю.С. Стратегия хирургического лечения нейро-ишемической формы синдрома диабетической стопы. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Москва, 2011. 105 с.
33. Покровский А.В. Клиническая ангиология: Руководство. Под ред. А. В. Покровского. В двух томах. Т. 1. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2004. 808 с.
34. Покровский А.В. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей. *Ангиология и сосудистая хирургия* 2013; 19. Приложение.
35. Прусов Е. В., Шевкунов Н. Г., Тюн И. И. Особенности проведения анестезиологического пособия у больных с синдромом диабетической стопы. *Альманах клинической медицины* 2006; (11): 129-132.
36. Рундо А.И. Современные аспекты этиологии и патогенеза синдрома диабетической стопы. *Новости хирургии* 2015; (1): 97-104.
37. Ситкин С.И. Регионарная анестезия в сосудистой хирургии. *Регионарная анестезия и лечение острой боли* 2009; (2): 61-69.
38. Федерякин Д.В., Казаков Ю.И., Козлов С.Е. и др. Значение метода анестезии при выполнении реконструктивных операций на внутренних сонных артериях. *Верхневолжский медицинский журнал* 2011; (9): 9-14.
39. Федин А.Б. Оптимизация анестезиологического обеспечения хирургических операций при диабетической ангиопатии нижних конечностей. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Москва, 2010. 91 с.
40. Федоров М. Е., Яшкина Л. В. Ведение больных в предоперационном периоде с синдромом диабетической стопы. *Вестник современной клинической медицины*. 2012; (1): 30-31.
41. Филичкин А. С., Решетников В. А., Федин А. Б., Цыгипало А. И. Сочетанная блокада бедренного и седалищного нервов при операциях по поводу гнойно-некротических поражений стопы и голени. *Регионарная анестезия и лечение острой боли* 2010; (2): 32-36.
42. Флягин Т.С. Пролонгированная блокада седалищного нерва у пациентов с синдромом диабетической стопы. Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.м.н. Новосибирск, 2015: 122 с.
43. Флягин Т. С., Кохно В. Н., Локтин Е. М Вазоактивный эффект ропивокаина при блокаде седалищного нерва у больных с диабетической стопой. *Медицина и образование в Сибири* 2015; (3). URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=26027230>
44. Scheck T, et al. Postoperative pain and subcutaneous oxygen tension. *Lancet* 1999; 354(9172): 41-2.
45. Amin N., Doupis J. Diabetic foot disease: From the evaluation of the "foot at risk" to the novel diabetic ulcer treatment modalities. *World J Diabetes*. 2016; 7(7): 153-64.
46. Auroy Y., Narchi P., Messiah A. et al Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology* 1997; 87(3): 479-86.
47. Beattie W. Meta-analysis demonstrates statistically significant reduction in postoperative myocardial infarction with the use of thoracic epidural analgesia. *Anesth. Analg.* 2003; 97(3): 919-920.
48. Beattie W.S., Badner N.H., Choi P. Epidural analgesia reduces postoperative myocardial infarction: a meta-analysis. *Anesthesia & Analgesia* 2001; 93(4): 853-858.
49. Berendes E. Reversible cardiac sympathectomy by high thoracic epidural anesthesia improves regional left ventricular function in patients undergoing coronary artery bypass grafting. A randomized trial. *Arch. Surg.* 2003; 138(12): 1283-1290.



50. Beverly C. Smith Relief of pain by peripheral nerve block in arterial diseases of the lower extremities. New York Surgical society. 1936. P.934-944.
51. Block B.M., Liu S.S., Rowlingson A.J., et al. Efficacy of postoperative epidural analgesia: a meta-analysis. *JAMA* 2003; 290(18): 2455-63.
52. Borghi B., D'Addabbo M., Borghi R. Can neural blocks prevent phantom limb pain *Pain Manag* 2014; 4: 261-6.
53. Chelly J.E., Clark K.L., Consensus of the Orthopedic Anesthesia, Pain, and Rehabilitation Society on the use of peripheral nerve blocks in patients receiving thromboprophylaxis. *Clin Anesth* 2014; 1: 69-74.
54. Cuvillon P., Reubrecht V., Zoric L., et al Comparison of subgluteal sciatic nerve block duration in type 2 diabetic and non-diabetic patients. *Br J Anaesth.* 2013; 110(5): 823-30.
55. Dahlgren N., Tornebrandt K. Neurological complications after anaesthesia. A follow-up of 18.000 spinal and epidural anaesthetics performed over three years. *Acta Anaesth. Scand.* 1995; 39: 872-880.
56. Di M.N., Milone M., Russolillo A., et al. Ropivacaine infusion in diabetics subject with peripheral arterial disease. A prospective study. *Diabetes* 2013; 121(2): 91-93.
57. Ghanami R.J., Hurie J., Andrews J.S. et al. Anesthesia-based evaluation of outcomes of lower-extremity vascular bypass procedures. *Ann Vasc Surg.* 2013; 27(2): 199-207.
58. Glenn E., Mehl J., Rosinia F.A., and Henry Liu Safe removal of an epidural catheter 72 hours after clopidogrel and aspirin administrations guided by platelet function analysis and thromboelastography. *Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2013; 29(1): 99-101.
59. Gomon M.L. Optimization of the sciatic nerve blockade as a methods of anesthesia/analgesia. *Klin Khir.* 2014; 10: 60-2.
60. Greisen J., Nielsen D.V., Sloth E., Jakobsen . High thoracic epidural analgesia decreases stress hyperglycemia and insulin need in cardiac surgery patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2013; 57(2): 171-7.
61. Gritsenko K., Marcello D., Liguori G.A., et al Meningitis or epidural abscesses after neuraxial block for removal of infected hip or knee prostheses. *Br J Anaesth.* 2012; 108(3): 485-90.
62. Hashimoto A., Ito H., Sato Y., Fujiwara Y. Automated intermittent bolus infusion for continuous sciatic nerve block: a case report. *Masui* 2011; 60(7): 873-5.
63. Hirsh J., Chair P., Guyatt G. Antithrombotic and Thrombolytic Therapy, 7th Ed.: ACCP Guidelines. *Chest.* 2004; 126: 172-173.
64. Horlocker T.T. Regional anaesthesia in the patient receiving antithrombotic and antiplatelet therapy. *Br J Anaesth.* 2011; 107: 96-106.
65. Horlocker T.T., Wedel D.J., Offord K.P. Does preoperative antiplatelet therapy increase the risk of hemorrhagic complications associated with regional anesthesia? *Anesth Analg.* 1990; 70(6): 631-4.
66. Jin J.W., Wang G., Gong M.W. et al. Retrospective comparison of the effects of epidural anesthesia versus peripheral nerve block on postoperative outcomes in elderly Chinese patients with femoral neck fractures. *Clin Aging.* 2015; 10. - P. 1223-31.
67. Jordan J., Tank J. Complexity of impaired parasympathetic heart rate regulation in diabetes. *Diabetes* 2014; 63: 1847-9.
68. Keyl C., Held T., Albiez G., Increased electrical nerve stimulation threshold of the sciatic nerve in patients with diabetic foot gangrene: a prospective parallel cohort study. *Eur J Anaesthesiol.* 2013; 30(7): 435-40.

69. Kinlay S. Management of Critical Limb Ischemia *Circ Cardiovasc Interv.* 2016; 9(2). URL: <http://circinterventions.ahajournals.org/content/9/2/e001946>
70. Kotzé A., Hinton W., Crabbe D.C. et al Audit of epidural analgesia in children undergoing thoracotomy for decortication of empyema. *Br J Anaesth.* 2007; 98(5): 662-6.
71. Lecoq P.H, Brichant F., M. L. Lamy and J. L. Joris Norepinephrine and ephedrine do not counteract the increase in cutaneous microcirculation induced by spinal anaesthesia *Br J Anaesth* 2010; 105(2): 214-19.
72. Lee S.H., Dong Hoon Lee, Dong Hoon Ha et al. Dynamics of heart rate variability in patients with type 2 diabetes mellitus during spinal anaesthesia: prospective observational study. *BMC Anesthesiol.* 2015;15: 141.
73. Lee Y.N., Kim H.S., Kang J.A., Han S.K. Can macrocirculation changes predict nonhealing diabetic foot ulcers? *J Wound Ostomy Continence Nurs.* 2014; 41(5): 430-5.
74. Li J., Halaszynski T. Neuraxial and peripheral nerve blocks in patients taking anticoagulant or thromboprophylactic drugs: challenges and solutions. *Local Reg Anesth.* 2015; 8: 21-32.
75. Li Y., Zhu S., Yan M. Combined general/epidural anesthesia (ropivacaine 0.375%) versus general anesthesia for upper abdominal surgery. *Anesth Analg.* 2008; 106(5): 1562.
76. Lirk P., Rutten M.V., Haller I., et al Management of the patient with diabetic peripheral neuropathy presenting for peripheral regional anesthesia: a European survey and review of literature. *Minerva Anesthesiol.* 2013; 79(9): 1039-48.
77. Liu J., Ma C., Elkassabany N., Fleisher L.A., et al Neuraxial anesthesia decreases postoperative systemic infection risk compared with general anesthesia in knee arthroplasty. *Anesth Analg.* 2013; 117(4): 1010-6.
78. Marcus A.J., Lotzof K., Kamath B.S., et al A new approach: regional nerve blockade for angioplasty of the lower limb. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2006; 29(2): 235-40.
79. Mauermann W.J., Shilling A.M., Zuo Z. A comparison of neuraxial block versus general anesthesia for elective total hip replacement: a meta-analysis. *Anesthesia & Analgesia* 2006; 103(4): 1018-25.
80. Monahan A.M., Madison S.J., Loland V.J., Continuous Popliteal Sciatic Blocks: Does Varying Perineural Catheter Location Relative to the Sciatic Bifurcation Influence Block Effects? A Dual-Center, Randomized, Subject-Masked, Controlled Clinical Trial. *Anesth. Analg.* 2016; 122(5). 1689-95.
81. Monk T.G. Saiani V. Weldon B.C., et al Anesthetic management and one-year mortality after noncardiac surgery. *Anesth Analg.* 2005; 100: 4-10.
82. Osaka Y, Shimada N, Saito R, et al. Clinical Comparison of Continuous Sciatic Nerve Block and Epidural Anesthesia for Postoperative Pain Control in Patients with Fracture of the Foot. *Masui* 2015; 64(4): 388-91.
83. Pardo M., Alcaraz M., Bernal F.L., et al Transcutaneous oxygen tension measurements following peripheral transluminal angioplasty procedure has more specificity and sensitivity than ankle brachial index. *Br J Radiol.* 2015; 88(1046) URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1464-5491.2005.01446.x/full>
84. Patel N., Solovyova O., Matthews G., et al. Safety and efficacy of continuous femoral nerve catheter with single shot sciatic nerve block vs epidural catheter anesthesia for same-day bilateral total knee arthroplasty. *Arthroplasty* 2015; 30(2): 330-4.
85. Popping D.M., Elia N., Marret E., et al. Protective effects of epidural analgesia on pulmonary complications after abdominal and thoracic surgery. A meta-analysis. *Archives of Surgery.* 2008; 143(10): 990-99.

86. Preis S.R., Pencina M.J., Hwang S.J., et al Trends in cardiovascular disease risk factors in individuals with and without diabetes mellitus in the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2009; 120(3): 212-20.
87. Rasouli M.R., Cavanaugh P.K., Restrepo C. et al. Is neuraxial anesthesia safe in patients undergoing surgery for treatment of periprosthetic joint infection? *Clin Orthop Relat Res*. 2015; 473(4): 1472-7.
88. Shapoval S.D., Savon I.L., Sofilkanych M.M. Prolonged blockade of nervus ischiadicus in a system of complex treatment of patients, suffering complicated diabetic foot syndrome. *Klin Khir* 2015; 3: 52-4.
89. Thomas P.S., Hakim T.S., Trang L.Q., The synergistic effect of sympathectomy and hyperbaric oxygen exposure on transcutaneous PO2 in healthy volunteers. *Anesth Analg*. 1999; 88(1): 67-71.
90. Treschan, Tanja A. MD; Taguchi, et al. The Effects of Epidural and General Anesthesia on Tissue Oxygenation. *Anesthesia & Analgesia* 2003; 96 (6): 1553-1557.
91. Tryba M. Epidural regional anesthesia and low molecular heparine // *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 1993; 28: 179-81.
92. Van den Brom C.E., Bulte C.S., Loer S.A., et al Diabetes, perioperative ischaemia and volatile anaesthetics: consequences of derangements in myocardial substrate metabolism. *Cardiovasc Diabetol*. 2013; 12: 42.
93. Williams B.A., Murinson B.B., Grable B.R., Orebaugh S.L. Future considerations for pharmacologic adjuvants in single-injection peripheral nerve blocks for patients with diabetes mellitus. *Reg Anesth Pain Med*. 2009; 34(5): 445-57.
94. Zheng J., Hasting M.K., Zhang X., et al. A pilot study of regional perfusion and oxygenation in calf muscles of individuals with diabetes with a noninvasive measure. *Surg*. 2014; 59(2): 419-26.

## Anesthetic management of patients with the syndrome of “diabetic foot” and critical limb ischemia

**Kazanin A. A.**

*junior researcher, Anesthesiology and Intensive Care Department*

**Zagrekov V. I.**

*Doctor of Medicine, Head, Anesthesiology and Intensive Care Department*

*Federal State Institution «Privolzhsky Federal Medical Research Centre», Nizhny Novgorod, Russia*

### Summary

Introduction. According to the International Diabetes Federation (Diabetes Federation), the number of patients with diabetes mellitus (DM) is progressively increasing. About 7 million new cases of diabetes are diagnosed every year and annually 3.8 million people die from diabetes related causes. Diabetes is an independent risk factor for cardiovascular diseases and it is also the leading cause of death in patients with type 2 diabetes. Prevention and treatment of late complications of diabetes, including diabetic foot syndrome (DFS), is one of the most important problems of endocrinology. Purpose of the study. Analysis of the main methods of anesthesia in order to choose the one that will have the minimal impact on the cardiovascular, endocrine, respiratory and other body systems. Anesthesiologic support in this complex category of patients should be directed not only to relief of severe pain syndrome during the perioperative period, but also to improvement in trophism of tissues, as the pain supports spasm and microcirculation disorders. The choice of safe anesthetic method for patients in this group will reduce the risk of developing certain complications. Material and methods. Authors performed search and study of information regarding the topic: "Anesthesiologic methods for patients with DFS and critical ischemia of the lower limbs" in the main medical and biological databases. Each method was examined, and the most optimal alternatives were identified. Results. Epidural and conductive anesthesia seem like the most rational alternatives

as these two methods not only guarantee a high-quality intraoperative anesthesia, but they also can be used for a long-term pain relief. These types of anesthesia have minimal effect on the cardiovascular system. Also, epidural and conductive anesthesia have an influence on the pathogenetic mechanisms of the disease. Conclusions. All patients with DFS and critical ischemia of the lower extremities of course can be placed under conduction anesthesia. Considering trophic effects, it is preferable to use prolonged blockade of peripheral nerves, by catheterization. Because of the mandatory use of antiaggregant therapy, epidural anesthesia is not recommended for in these patients.

**Key words:** diabetic foot, conduction anesthesia, epidural anesthesia, spinal anesthesia, critical limb ischemia, transcutaneous oxygen tension, microcirculation

## References

1. Akashev A.V. Klassifikaciya diabeticheskoy stopy «LANOTPAD» [Classification of diabetic foot "LANOTPAD"]. *Medicinskij al'manah [Medical Almanac]* 2013; (5): 165-168.
2. Anikin A.I. Znachenie ocenki mikrocirkulyatornyh rasstrojstv v hirurgicheskom lechenii gnojno-nekroticheskikh porazhenij pri sindrome diabeticheskoy stopy. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [The significance of the evaluation of microcirculatory disorders in the surgical treatment of purulent-necrotic lesions in diabetic foot syndrome. Author's abstract, PhD Thesis] Moscow, 2009.
3. Anisimov O.G. Optimizaciya regionarnoj anestezii v travmatologii i ortopedii. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni d.m.n. [Optimization of regional anesthesia in traumatology and orthopedics. Author's abstract, Doctor of Medicine Thesis] St-Petersburg, 2011.
4. Garyaev R.V. Spinal'no-provodnikovaya anesteziya/anal'geziya – novyj podhod k obezbolivaniyu ili nenuzhnaya kombinaciya «staryh» metodov? [Spinal-conductive anesthesia / analgesia - a new approach to analgesia or an unnecessary combination of "old" methods?] *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]*. 2011; 5 (4): 20-29.
5. Glushchenko V.A. Vybor i obosnovanie metodov nejroaksial'nyh anestezij pri operacijah na organah bryushnoj polosti i nizhnih konechnostyah. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni d.m.n. [The choice and justification of the methods of neuroaxial anesthesia in operations on the abdominal organs and lower limbs. Author's abstract, Doctor of Medicine Thesis] St-Petersburg, 2009.
6. Dorofeeva G.B., Dorofeev I.V. Vzaimosvyaz' razvitiya metabolicheskikh narushenij i insulinorezistentnosti u pacientov s saharnym diabetom [Interrelation of the development of metabolic disorders and insulin resistance in patients with diabetes mellitus] *Consilium medicum* 2015; (10): 77-80.
7. Ezhevskaya A.A. Optimizaciya mul'timodal'noj anestezii pri operacijah hirurgicheskoj korrekcii skolioza [Optimization of multimodal anesthesia in surgical correction of scoliosis]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii medicinskih nauk [Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]* 2011; (3-1): 28-33.
8. Eremina N.A. Prolongirovannaya ehpidural'naya blokada kak special'nyj komponent kompleksnogo lecheniya bol'nyh s sindromom diabeticheskoy stopy. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. Voronezh. [Prolonged epidural blockade as a special component of complex treatment of patients with diabetic foot syndrome. Author's abstract, PhD Thesis] Voronezh, 2003.
9. Zagrekov V.I. Anesteziologicheskoe obespechenie operacij ehndoprotezirovaniya tazobedrennogo sustava. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni d.m.n. [Anesthesiologic support of operations of hip joint endoprosthesis. Author's abstract, Doctor of Medicine Thesis]. Moscow, 2011.
10. Kazakov Y.I., Belov I.V., Hatypov M.G. et al. Predoperacionnaya podgotovka bol'nyh s kriticheskoj nizhnej konechnosti ishemiya i vyrazhennym boleznennym sindromom [Preoperative preparation of patients with critical

lower limb ischemia and severe pain syndrome]. *Angiologiya i sosudistaya hirurgiya [Angiology and Vascular Surgery]* 2004; 10(4): 73-78.

11. Kazanin A.A., Zagrekov V.I., Bobrov M.I., Peretyagin P.V. Vliyanie provodnikovoj anestezii na krovotok i transkutannoe napryazhenie kisloroda u bol'nyh s sindromom «diabeticheskaya stopa» [Effect of conductive anesthesia on blood flow and transcutaneous oxygen tension in patients with the syndrome "diabetic foot"] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]* 2016; (6). Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26039>
12. Kvitko I.A. Obosnovanie vybora metoda anesteziologicheskogo posobiya pri rekonstruktivnyh operacijah u bol'nyh ateroskleroticheskimi okklyuziyami arterij bedrenno-podkolennogo segmenta. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Substantiation of the choice of the method of anesthesia in reconstructive operations in patients with atherosclerotic occlusions of arteries of the femoral-popliteal segment. Author's abstract, PhD Thesis]. Rostov-na-Donu, 2005.
13. Kohan Z.V. Bruhnov A.V. Pecherskij V.G. Marochkov A.V. Cravnitel'naya ocenka sostoyaniya gemodinamiki u pacientov pri blokadah perifericheskikh nervov i spinnomozgovoj anestezii vo vremya operacij na nizhnih konechnostyah [Comparative assessment of hemodynamics in patients with peripheral nerve blockages and spinal anesthesia during operations on the lower extremities.]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]* 2014; 3(8): 21-25.
14. Kohno V.N. Loktin E.M. Zotov V.A. Flyagin T.S. Provodnikovaya anesteziya pri okazanii pomoshchi bol'nym s narusheniyami uglevodnogo obmena [Conductive anesthesia in the care of patients with impaired carbohydrate metabolism]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya [World of Science, Culture, Education]* 2013; (5): 389-401.
15. Kohno V.N. Loktin E.M. Suhareva S.O. Prolongirovannaya blokada sedalishchnogo nerva u gerontologicheskikh pacientov v posleoperacionnom periode pri sindrome diabeticheskoy stopy [Prolonged sciatic nerve blockade in gerontological patients in the postoperative period with diabetic foot syndrome]. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Bulletin of new medical technologies]* 2013; (1): 107-109.
16. Krobot R. Sravnenie odностороннего spinal'nogo bloka i blokady sedalishchnogo nerva v podkolennoj yamke dlya provedeniya transmetatarzal'noj amputacii stopy u pozhilyh pacientov [Comparison of a one-sided spinal block and sciatic nerve blockade in the popliteal fossa for performing a transmetatarsal foot amputation in elderly patients]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]* 2012; 4(6): 16-21.
17. Kuchin Y.L. Nejroaksial'naya anesteziya u pacientov, nuzhdayushchihsya v profilaktike tromboticheskikh oslozhenij s ispol'zovaniem antikoagulyantov [Neuroaxial anesthesia in patients in need of preventing thrombotic complications using anticoagulants]. *Medicina neotlozhnyh sostoyanij [Emergency medicine]* 2009; (3): 22-23.
18. Kuchin Y.L., Tarasenko S.A Regional'naya anesteziya u pacientov s travmoy: problemy antikoagulyantnoj i dezagregantnoj terapii [Regional anesthesia in patients with trauma: problems of anticoagulant and disaggregant therapy]. *Trauma [Trauma]* 2011; 1(12): 103-110.
19. Levina E.L., Chvikalov E.S., Nalivajko V.E. Invazivnaya ul'trasonografiya pri blokade sedalishchnogo nerva u bol'nogo s kriticheskoj ishemiej nizhnih konechnostej [Invasive ultrasonography with sciatic nerve blockade in a patient with critical ischemia of lower extremities]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]* 2009; 3(4): 45-48.
20. Lyuboshevskij P.A. Zabusov A.V Timoshenko A.L. Korovkin D.V. Ogranichenie metabolicheskikh i vospalitel'nyh izmenenij v posleoperacionnom periode: rol' regionarnoj anestezii i anal'gezii [Limitation of metabolic and inflammatory changes in the postoperative period: the role of regional anesthesia and analgesia]. *Rossijskij medicinskij zhurnal [Russian Medical Journal]* 2013; (5): 15-19.
21. Meier G., Buettner J. Perifericheskaya regionarnaya anesteziya: atlas. Per. s angl. pod red. P.R. Kamchatnova [Peripheral regional anesthesia: atlas. Russian translation edited by P.R. Kamchatnov 2<sup>nd</sup> edition]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znanij, 2015.

22. Maloletkin A.V. Giperbaricheskaya oksigenaciya v komplekse intensivnoj terapii sindroma diabeticheskoy stopy. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Hyperbaric oxygenation in the intensive care complex of the diabetic foot syndrome. Author's abstract, PhD Thesis]. Novosibirsk, 2010
23. Matveva A.S. Vliyanie kombinirovannoj spinal'no-ehpidural'noj anestezii na pokazateli serdechno-sosudistoj sistemy i gomeostaza pri rekonstruktivnyh operacijah na aortopodvzdoshnom segmente. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Influence of combined spinal-epidural anesthesia on cardiovascular system and homeostasis in reconstructive operations on the aorto-iliac segment. Author's abstract, PhD Thesis]. Saratov, 2005.
24. Nedzveckij S.V. Povyshenie ehffektivnosti i bezopasnosti provodnikovoj anestezii v hirurgii nizhnih konechnostej. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Increase of efficiency and safety of conductive anesthesia in surgery of lower extremities. Author's abstract, PhD Thesis]. Ekaterinburg, 2009.
25. Novikov A. Y., Golub I.E., Majstrovskij K. V. Mul'timodal'naya terapiya hronicheskogo boleвого sindroma u bol'nyh s kriticheskoj ishemiej nizhnih konechnostej [Multimodal therapy of chronic pain syndrome in patients with critical ischemia of lower extremities]. *Sibirskij medicinskij zhurnal [Siberian Medical Journal]* 2008; (2): 47-51.
26. Novikov, A. Y. Prodlennaya ehpidural'naya anal'geziya v predoperacionnom periode u bol'nyh s hronicheskoy kriticheskoj ishemiej nizhnih konechnostej. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Extended epidural analgesia in the preoperative period in patients with chronic critical lower limb ischemia. Author's abstract, PhD Thesis]. Ekaterinburg, 2009.
27. Ovechkin A.M. Hirurgicheskij stress-otvet, ego patofiziologicheskaya znachimost' i sposoby modulyacii [Surgical stress response, its pathophysiological significance and modulation methods]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]* 2008; (2): 49-62.
28. Ovechkin A.M., Lyuboshevskij P.A., Artamonova N.I. Narusheniya gemostaza kak komponent hirurgicheskogo stress-otveta i vozmozhnost' ih korekcii [Hemostasis disorders as a component of surgical stress response and the possibility of their correction]. *Anesteziologiya i reanimatologiya [Anaesthesiology and Reanimatology]* 2012; (3): 44-48.
29. Ovechkin A.M., Osipov S.A., Oslozhneniya spinal'noj anestezii: faktory riska, profilaktika i lechenie [Complications of spinal anesthesia: risk factors, prevention and treatment]. *Medicina neotlozhnyh sostoyanij [Emergency medicine]* 2008; (4): 17.
30. Orudzheva S.A. Tekhnologiya anesteziologicheskogo obespecheniya v perioperacionnom periode u bol'nyh s gnojno-nekroticheskimi formami sindroma diabeticheskoy stopy Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni d.m.n. [The technology of anesthetic maintenance in the perioperative period in patients with purulent-necrotic forms of the diabetic foot syndrome. Author's abstract, Doctor of Medicine Thesis]. Moscow, 2006.
31. Orudzheva S.A., Zvyagin A.A., Kurochkina A.I. Central'naya gemodinamika pri provodnikovoj anestezii u bol'nyh s gnojno-nekroticheskimi formami diabeticheskoy stopy [Central hemodynamics with conductive anesthesia in patients with purulent-necrotic forms of the diabetic foot]. *Anesteziologiya i reanimatologiya [Anaesthesiology and Reanimatology]* 2005; (3): 15-17.
32. Paskhalova Y.S. Strategiya hirurgicheskogo lecheniya nejro-ishemicheskoy formy sindroma diabeticheskoy stopy. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [The strategy of surgical treatment of the neuro-ischemic form of the diabetic foot syndrome. Author's abstract, PhD Thesis]. Moscow, 2011.
33. Pokrovskij A.V. Klinicheskaya angiologiya: Rukovodstvo. Pod red. A. V. Pokrovskogo [Clinical Angiology: A Guide. Edited by A.V. Pokrovsky. Vol.1]. Moscow: JSC «Izdatel'stvo «Medicina», 2004.
34. Pokrovskij A.V. Nacional'nye rekomendacii po vedeniyu pacientov s zabolevaniyami arterij nizhnih konechnostej [National guidelines for management of patients with lower limb arteries]. *Angiologiya i sosudistaya hirurgiya [Angiology and Vascular Surgery]* 2013; 19. Supplement.



35. Prusov E. V., Shevkunov N. G., Tyun I. I. Osobennosti provedeniya anesteziologicheskogo posobiya u bol'nyh s sindromom diabeticheskoy stopy [Features of anesthesia in patients with diabetic foot syndrome]. *Al'manah klinicheskoy mediciny [Almanac of Clinical Medicine]* 2006; (11): 129-132.
36. Rundo A.I. Sovremennye aspekty ehtiologii i patogeneza sindroma diabeticheskoy stopy [Modern aspects of the etiology and pathogenesis of diabetic foot syndrome]. *Novosti hirurgii [Surgery news]* 2015; (1): 97-104.
37. Sitkin S.I. Regionarnaya anesteziya v sosudistoy hirurgii [Regional anesthesia in vascular surgery]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]* 2009; (2): 61-69.
38. Federyakin D.V., Kazakov Y.I., Kozlov S.E. et al. Znachenie metoda anestezii pri vypolnenii rekonstruktivnyh operacij na vnutrennih sonnyh arteriyah [The significance of the anesthesia method in performing reconstructive surgeries on the internal carotid arteries]. *Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal [Upper Volga medical journal]* 2011; (9): 9-14.
39. Fedin A.B. Optimizaciya anesteziologicheskogo obespecheniya hirurgicheskikh operacij pri diabeticheskoy angiopatii niznih konechnostej. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Optimization of anesthetic support for surgical operations for diabetic angiopathy of the lower extremities. Author's abstract, PhD Thesis] Moscow, 2010.
40. Fedorov M. E., Yashkina L. V. Vedenie bol'nyh v predoperacionnom periode s sindromom diabeticheskoy stopy [Management of diabetic foot syndrome patients in the preoperative period]. *Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny [Herald of modern clinical medicine]* 2012; (1): 30-31.
41. Filichkin A. S., Reshetnikov V. A., Fedin A. B., Cygipalo A. I. Sochetannaya blokada bedrennogo i sedalishchnogo nervov pri operacijah po povodu gnojno-nekroticheskikh porazhenij stopy i goleni [Combined blockade of the femoral and sciatic nerves during surgery for purulent necrotic lesions of the foot and lower leg]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroj boli [Regional anesthesia and treatment of acute pain]* 2010; (2): 32-36.
42. Flyagin T.S. Prolongirovannaya blokada sedalishchnogo nerva u pacientov s sindromom diabeticheskoy stopy. Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.m.n. [Prolonged sciatic nerve blockade in patients with diabetic foot syndrome. Author's abstract, PhD Thesis] Novosibirsk, 2015.
43. Flyagin T. S., Kohno V. N., Loktin E. M Vazoaktivnyj ehffekt ropivokaina pri blokade sedalishchnogo nerva u bol'nyh s diabeticheskoy stopoj [The vasoactive effect of ropivocaine in sciatic nerve blockade in patients with diabetic foot]. *Medicina i obrazovanie v Sibiri [Medicine and Education in Siberia]* 2015; (3). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26027230>
44. Scheck T, et al. Postoperative pain and subcutaneous oxygen tension. *Lancet* 1999; 354(9172): 41-2.
45. Amin N., Doupis J. Diabetic foot disease: From the evaluation of the "foot at risk" to the novel diabetic ulcer treatment modalities. *World J Diabetes*. 2016; 7(7): 153-64.
46. Auroy Y., Narchi P., Messiah A. et al Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology* 1997; 87(3): 479-86.
47. Beattie W. Meta-analysis demonstrates statistically significant reduction in postoperative myocardial infarction with the use of thoracic epidural analgesia. *Anesth. Analg.* 2003; 97(3): 919-920.
48. Beattie W.S., Badner N.H., Choi P. Epidural analgesia reduces postoperative myocardial infarction: a meta-analysis. *Anesthesia & Analgesia* 2001; 93(4): 853-858.
49. Berendes E. Reversible cardiac sympathectomy by high thoracic epidural anesthesia improves regional left ventricular function in patients undergoing coronary artery bypass grafting. A randomized trial. *Arch. Surg.* 2003; 138(12): 1283-1290.

50. Beverly C. Smith Relief of pain by peripheral nerve block in arterial diseases of the lower extremities. New York Surgical society. 1936. P.934-944.
51. Block B.M., Liu S.S., Rowlingson A.J., et al. Efficacy of postoperative epidural analgesia: a meta-analysis. *JAMA* 2003; 290(18): 2455-63.
52. Borghi B., D'Addabbo M., Borghi R. Can neural blocks prevent phantom limb pain *Pain Manag* 2014; 4: 261-6.
53. Chelly J.E., Clark K.L., Consensus of the Orthopedic Anesthesia, Pain, and Rehabilitation Society on the use of peripheral nerve blocks in patients receiving thromboprophylaxis. *Clin Anesth* 2014; 1: 69-74.
54. Cuvillon P., Reubrecht V., Zoric L., et al Comparison of subgluteal sciatic nerve block duration in type 2 diabetic and non-diabetic patients. *Br J Anaesth.* 2013; 110(5): 823-30.
55. Dahlgren N., Tornebrandt K. Neurological complications after anaesthesia. A follow-up of 18.000 spinal and epidural anaesthetics performed over three years. *Acta Anaesth. Scand.* 1995; 39: 872-880.
56. Di M.N., Milone M., Russolillo A., et al. Ropivacaine infusion in diabetics subject with peripheral arterial disease. A prospective study. *Diabetes* 2013; 121(2): 91-93.
57. Ghanami R.J., Hurie J., Andrews J.S. et al. Anesthesia-based evaluation of outcomes of lower-extremity vascular bypass procedures. *Ann Vasc Surg.* 2013; 27(2): 199-207.
58. Glenn E., Mehl J., Rosinia F.A., and Henry Liu Safe removal of an epidural catheter 72 hours after clopidogrel and aspirin administrations guided by platelet function analysis and thromboelastography. *Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2013; 29(1): 99-101.
59. Gomon M.L. Optimization of the sciatic nerve blockade as a methods of anesthesia/analgesia. *Klin Khir.* 2014; 10: 60-2.
60. Greisen J., Nielsen D.V., Sloth E., Jakobsen . High thoracic epidural analgesia decreases stress hyperglycemia and insulin need in cardiac surgery patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2013; 57(2): 171-7.
61. Gritsenko K., Marcello D., Liguori G.A., et al Meningitis or epidural abscesses after neuraxial block for removal of infected hip or knee prostheses. *Br J Anaesth.* 2012; 108(3): 485-90.
62. Hashimoto A., Ito H., Sato Y., Fujiwara Y. Automated intermittent bolus infusion for continuous sciatic nerve block: a case report. *Masui* 2011; 60(7): 873-5.
63. Hirsh J., Chair P., Guyatt G. Antithrombotic and Thrombolytic Therapy, 7th Ed.: ACCP Guidelines. *Chest.* 2004; 126: 172-173.
64. Horlocker T.T. Regional anaesthesia in the patient receiving antithrombotic and antiplatelet therapy. *Br J Anaesth.* 2011; 107: 96-106.
65. Horlocker T.T., Wedel D.J., Offord K.P. Does preoperative antiplatelet therapy increase the risk of hemorrhagic complications associated with regional anesthesia? *Anesth Analg.* 1990; 70(6): 631-4.
66. Jin J.W., Wang G., Gong M.W. et al. Retrospective comparison of the effects of epidural anesthesia versus peripheral nerve block on postoperative outcomes in elderly Chinese patients with femoral neck fractures. *Clin Aging.* 2015; 10: 1223-31.
67. Jordan J., Tank J. Complexity of impaired parasympathetic heart rate regulation in diabetes. *Diabetes* 2014; 63: 1847-9.
68. Keyl C., Held T., Albiez G., Increased electrical nerve stimulation threshold of the sciatic nerve in patients with diabetic foot gangrene: a prospective parallel cohort study. *Eur J Anaesthesiol.* 2013; 30(7): 435-40.

69. Kinlay S. Management of Critical Limb Ischemia *Circ Cardiovasc Interv.* 2016; 9(2). URL: <http://circinterventions.ahajournals.org/content/9/2/e001946>
70. Kotzé A., Hinton W., Crabbe D.C. et al Audit of epidural analgesia in children undergoing thoracotomy for decortication of empyema. *Br J Anaesth.* 2007; 98(5): 662-6.
71. Lecoq P.H, Brichant F., M. L. Lamy and J. L. Joris Norepinephrine and ephedrine do not counteract the increase in cutaneous microcirculation induced by spinal anaesthesia *Br J Anaesth* 2010; 105(2): 214-19.
72. Lee S.H., Dong Hoon Lee, Dong Hoon Ha et al. Dynamics of heart rate variability in patients with type 2 diabetes mellitus during spinal anaesthesia: prospective observational study. *BMC Anesthesiol.* 2015;15: 141.
73. Lee Y.N., Kim H.S., Kang J.A., Han S.K. Can macrocirculation changes predict nonhealing diabetic foot ulcers? *J Wound Ostomy Continence Nurs.* 2014; 41(5): 430-5.
74. Li J., Halaszynski T. Neuraxial and peripheral nerve blocks in patients taking anticoagulant or thromboprophylactic drugs: challenges and solutions. *Local Reg Anesth.* 2015; 8: 21-32.
75. Li Y., Zhu S., Yan M. Combined general/epidural anesthesia (ropivacaine 0.375%) versus general anesthesia for upper abdominal surgery. *Anesth Analg.* 2008; 106(5): 1562.
76. Lirk P., Rutten M.V., Haller I., et al Management of the patient with diabetic peripheral neuropathy presenting for peripheral regional anesthesia: a European survey and review of literature. *Minerva Anesthesiol.* 2013; 79(9): 1039-48.
77. Liu J., Ma C., Elkassabany N., Fleisher L.A., et al Neuraxial anesthesia decreases postoperative systemic infection risk compared with general anesthesia in knee arthroplasty. *Anesth Analg.* 2013; 117(4): 1010-6.
78. Marcus A.J., Lotzof K., Kamath B.S., et al A new approach: regional nerve blockade for angioplasty of the lower limb. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2006; 29(2): 235-40.
79. Mauermann W.J., Shilling A.M., Zuo Z. A comparison of neuraxial block versus general anesthesia for elective total hip replacement: a meta-analysis. *Anesthesia & Analgesia* 2006; 103(4): 1018-25.
80. Monahan A.M., Madison S.J., Loland V.J., Continuous Popliteal Sciatic Blocks: Does Varying Perineural Catheter Location Relative to the Sciatic Bifurcation Influence Block Effects? A Dual-Center, Randomized, Subject-Masked, Controlled Clinical Trial. *Anesth. Analg.* 2016; 122(5). 1689-95.
81. Monk T.G. Saiani V. Weldon B.C., et al Anesthetic management and one-year mortality after noncardiac surgery. *Anesth Analg.* 2005; 100: 4-10.
82. Osaka Y, Shimada N, Saito R, et al. Clinical Comparison of Continuous Sciatic Nerve Block and Epidural Anesthesia for Postoperative Pain Control in Patients with Fracture of the Foot. *Masui* 2015; 64(4): 388-91.
83. Pardo M., Alcaraz M., Bernal F.L., et al Transcutaneous oxygen tension measurements following peripheral transluminal angioplasty procedure has more specificity and sensitivity than ankle brachial index. *Br J Radiol.* 2015; 88(1046) URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1464-5491.2005.01446.x/full>
84. Patel N., Solovyova O., Matthews G., et al. Safety and efficacy of continuous femoral nerve catheter with single shot sciatic nerve block vs epidural catheter anesthesia for same-day bilateral total knee arthroplasty. *Arthroplasty* 2015; 30(2): 330-4.
85. Popping D.M., Elia N., Marret E., et al. Protective effects of epidural analgesia on pulmonary complications after abdominal and thoracic surgery. A meta-analysis. *Archives of Surgery.* 2008; 143(10): 990-99.

86. Preis S.R., Pencina M.J., Hwang S.J., et al Trends in cardiovascular disease risk factors in individuals with and without diabetes mellitus in the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2009; 120(3): 212-20.
87. Rasouli M.R., Cavanaugh P.K., Restrepo C. et al. Is neuraxial anesthesia safe in patients undergoing surgery for treatment of periprosthetic joint infection? *Clin Orthop Relat Res*. 2015; 473(4): 1472-7.
88. Shapoval S.D., Savon I.L., Sofilkanych M.M. Prolonged blockade of nervus ischiadicus in a system of complex treatment of patients, suffering complicated diabetic foot syndrome. *Klin Khir* 2015; 3: 52-4.
89. Thomas P.S., Hakim T.S., Trang L.Q., The synergistic effect of sympathectomy and hyperbaric oxygen exposure on transcutaneous PO<sub>2</sub> in healthy volunteers. *Anesth Analg*. 1999; 88(1): 67-71.
90. Treschan, Tanja A. MD; Taguchi, et al. The Effects of Epidural and General Anesthesia on Tissue Oxygenation. *Anesthesia & Analgesia* 2003; 96 (6): 1553-1557.
91. Tryba M. Epidural regional anesthesia and low molecular heparine // *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 1993; 28: 179-81.
92. Van den Brom C.E., Bulte C.S., Loer S.A., et al Diabetes, perioperative ischaemia and volatile anaesthetics: consequences of derangements in myocardial substrate metabolism. *Cardiovasc Diabetol*. 2013; 12: 42.
93. Williams B.A., Murinson B.B., Grable B.R., Orebaugh S.L. Future considerations for pharmacologic adjuvants in single-injection peripheral nerve blocks for patients with diabetes mellitus. *Reg Anesth Pain Med*. 2009; 34(5): 445-57.
94. Zheng J., Hasting M.K., Zhang X., et al. A pilot study of regional perfusion and oxygenation in calf muscles of individuals with diabetes with a noninvasive measure. *Surg*. 2014; 59(2): 419-26.