

DOI: <https://doi.org/10.17816/PED15549-56>

Применение раствора адреналина в хирургии (комбустиологии) при ожогах кожи: обзор литературы

Ю.В. Юрова¹, Е.В. Зиновьев^{1, 2}, П.К. Крылов¹, О.С. Панкратьева¹, К.М. Талалаев¹¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия;² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

На основании анализа литературы и собственного опыта авторы систематизировали сведения об использовании раствора адреналина 0,1 % в качестве сосудосуживающего препарата для местного применения во время хирургического лечения пациентов с ожоговыми ранами. В хирургии-комбустиологии адреналин используют в ряде клинических случаев: подкожное введение для гемостаза донорского участка после взятия трансплантата дерматомом; подкожное введение препарата под некротизированные ткани с целью гемостаза при некрэктомиях; местные аппликации повязок с раствором адреналина при диффузных кровотечениях. В литературе приведены сведения о гемостатическом эффекте адреналина при его подкожном введении. Максимально допустимая разовая доза адреналина для взрослых при подкожном введении составляет 1 мл. Осложнения при применении данного препарата могут включать перечень серьезных нозологий, вплоть до развития некроза тканей, нарушения ритма сердца, летального исхода. Основная причина таких осложнений — системное действие препарата, неправильный расчет его дозы, особенности общего состояния организма, одновременное использование ряда лекарств, в частности наркотических анальгетиков. Вазоконстрикторное действие адреналина приводит к длительной ишемии тканей, местное применение обезболивающих препаратов вместе с адреналином может привести к ишемии и некрозу дистальных участков конечностей, в частности пальцев. Существенное влияние на частоту осложнений при введении адреналина оказывают состояния, связанные с нарушением свертываемости крови, заболеваниями печени, коагулопатии различного генеза, сосудистые изменения. Предложен расчет объема 0,9 % раствора натрия хлорида с адреналином при подготовке донорского участка перед забором кожного расщепленного трансплантата, превышение которого может привести к общим осложнениям. Максимальное количество 0,9 % раствора натрия хлорида — это 2500 мл, если вводить по 2 капли адреналина на 250 мл раствора при подкожном введении препарата. Нет единого мнения среди комбустиологов о показаниях и противопоказаниях, расчете дозировок, способах введения, вероятности развития осложнений. Разработка единых показаний и противопоказаний применения адреналина с эффектом снижения кровопотери при хирургических операциях остается актуальнейшей задачей комбустиологии.

Ключевые слова: адреналин; ожог; раны; кожная пластика; остановка кровотечения; гемостаз; ишемия конечностей; осложнения от введения раствора адреналина.

Как цитировать

Юрова Ю.В., Зиновьев Е.В., Крылов П.К., Панкратьева О.С., Талалаев К.М. Применение раствора адреналина в хирургии (комбустиологии) при ожогах кожи: обзор литературы // Педиатр. 2024. Т. 15, № 5. С. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.17816/PED15549-56>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PED15549-56>

Regarding the use of Adrenaline solution in surgery (combustiology) for skin burns: a literature review

Yulia V. Yurova¹, Evgeny V. Zinoviev^{1, 2}, Pavel K. Krylov¹,
Olga S. Pankratieva¹, Kirill M. Talalaev¹

¹ I.I. Dzhanlidze Saint Petersburg Institute of Emergency Care, Saint Petersburg, Russia;

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

Based on the analysis of the literature and our own experience, the data on the use of adrenaline 0.1% solution as a vasoconstrictor for topical application during surgical treatment of burned patients are systematized. In surgery-combustiology, adrenaline is used in the following clinical cases: subcutaneous administration for hemostasis of the donor site after graft taking by dermatome; subcutaneous injection of the drug under necrotic tissues for hemostasis in necrectomies; local applications of bandages with adrenaline solution in diffuse bleeding. In the literature there is information about the hemostatic effect of adrenaline with its subcutaneous administration. It is important to remember that the maximum permissible single dose of adrenaline for adults with subcutaneous injection is 1 ml. Complications with the use of this drug can include a list of serious nosologies, up to the development of tissue necrosis, heart rhythm disturbances, lethal outcome. It is believed that the leading cause of such complications is the systemic action of the drug, incorrect calculation of the drug dose, peculiarities of the general condition of the body, concomitant use of a number of drugs, in particular narcotic analgesics. Vasoconstrictor effect of adrenaline leads to prolonged tissue ischemia, local use of anesthetic drugs together with adrenaline can lead to ischemia and necrosis of distal parts of the extremities, in particular fingers. A significant impact on the incidence of complications during adrenaline administration is caused by conditions associated with blood coagulation disorders, liver diseases, coagulopathies of various genesis, vascular changes. When using adrenaline solution it is necessary to intraoperatively monitor blood pressure and pulse. In case of tachycardia and increased pressure, it is necessary to suspend the use of the drug without waiting for the development of serious consequences. Specialists proposed the calculation of the volume of 0.9% sodium chloride solution with adrenaline in the preparation of the donor site before the skin split graft, the excess of which can lead to general complications. 2500 mL is the maximum amount of saline solution when administered at 2 drops of adrenaline per 250 mL when the preparation is administered subcutaneously. There is no unanimous opinion among combustologists about indications and contraindications, dosage calculation, methods of administration, probability of complications development.

Keywords: adrenaline; burn; wounds; skin plasty; bleeding arrest; hemostasis; limb ischemia; complications of adrenaline solution administration.

To cite this article

Yurova YuV, Zinoviev EV, Krylov PK, Pankratieva OS, Talalaev K.M. Regarding the use of Adrenaline solution in surgery (combustiology) for skin burns: a literature review. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2024;15(5):49–56. DOI: <https://doi.org/10.17816/PED15549-56>

Received: 16.08.2024

Accepted: 25.09.2024

Published online: 30.10.2024

ВВЕДЕНИЕ

За последние 30 лет методы раннего иссечения и трансплантации кожи, наряду с прогрессом методик интенсивной терапии, значительно улучшили выживаемость пострадавших после ожоговой травмы. Большая величина кровопотери, связанная с иссечением некротических тканей, взятием кожи, остается сложным аспектом ожоговой хирургии.

Кровопотеря у пациентов с ожогами — большая проблема, которая была идентифицирована как независимый предиктор смертности [16]. В литературе описано несколько стратегий уменьшения кровопотери во время свободной аутодермопластики и некрэктомии [4, 10, 15]. Это приводит к аллогенным переливаниям крови со всеми связанными рисками и затратами [11]. Возможно переливание аутологичной крови путем восстановления эритроцитов во время операции по удалению ожогов с применением cellsaver. Однако бактериальная контаминация собранных эритроцитов делает повторное введение при операциях по удалению ожогов пока не реальным [6]. До тех пор, пока использование аутологичного переливания крови не будет признано возможным, единственный способ сократить количество аллогенных переливаний крови — это уменьшение кровопотери [17], и задача хирургов — поиск способов снижения возможных интраоперационных кровотечений.

В настоящей статье приведены результаты исследований, в которых оценивали эффективность интраоперационного введения адреналина у пациентов с ожогами, перенесших некрэктомию или свободную аутодермопластику, а также способы введения, показания и противопоказания, дозировки препарата и возможные осложнения в ходе таких вмешательств.

В большинстве исследований, описанных в отечественных и иностранных литературных источниках, а также актуальных научных работах в области хирургии, обсуждались использование подкожных и местных средств для улучшения гемостаза, сравнение и целесообразность применения адреналина в качестве сосудосуживающего средства, снижающего величину кровопотери.

Был проведен систематический поиск в электронных базах данных Ovid MEDLINE, EMBASE, Cochrane Library, CINAHL, elibrary и PubMed с использованием логических поисковых запросов до января 2024 г.

В настоящее время существует широкий спектр гемостатических средств, которые применяют с общей целью — улучшить и ускорить коагуляцию при минимизации побочных эффектов [19]. В хирургической практике к гемостатикам предъявляют определенные требования, а именно: идеальное средство с гемостатическим эффектом должно быстро и эффективно останавливать кровотечение (<1 мин) и предотвращать его при последующих манипуляциях, демонстрировать высокую биосовместимость и биобезопасность, быть удобным в использовании [20, 21].

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Согласно данным регистра лекарственных средств России, адреналин (эпинефрин) обладает сосудосуживающим действием.

Основные противопоказания для применения препарата: гиперчувствительность к любому из компонентов препарата, гипертрофическая обструктивная кардиомиопатия, тахикардия, фибрилляция желудочков, хроническая сердечная недостаточность стадии IIБ–III, феохромоцитомы, острая и хроническая артериальная недостаточность, гиперкалиемия, холодная травма, органические повреждения головного мозга, закрытоугольная глаукома, детский возраст до 18 лет (кроме состояний, непосредственно угрожающих жизни), беременность, период грудного вскармливания, одновременное применение ингаляционных средств для общей анестезии (галотана).

Адреналин в комбинации с местными анестетиками не используют для местной анестезии пальцев рук и ног из-за риска ишемического повреждения тканей.

Доза препарата не должна превышать 0,1–0,3 мг.

При внутримышечном или подкожном введении хорошо всасывается. Время достижения максимальной концентрации в крови при подкожном и внутримышечном введении — 3–10 мин.

Адреналин — препарат, который применяют не только в анестезиологии/реаниматологии, но и в других сферах медицины. Адреналин использовали в качестве сосудосуживающего средства с момента его введения Брауном в 1902 г. Известно применение препарата в стоматологии для гемостаза, в травматологии при проводниковой анестезии для усиления анальгезирующего действия, в пластической хирургии.

Использование адреналина в комбустиологии практически не описано в современной литературе, но его применяют практически во всех ожоговых центрах Российской Федерации и за рубежом. И зачастую нет определенного регламента, показаний и противопоказаний применения данного препарата в хирургической практике хирургов (комбустиологов).

В комбустиологии адреналин используют в следующих клинических случаях:

- 1) подкожное введение препарата для гемостаза донорского участка после взятия трансплантата дерматомом;
- 2) подкожное введение под некротизированные ткани с целью гемостаза при некрэктомиях;
- 3) местные аппликации повязок с раствором адреналина при диффузных кровотечениях.

Кровопотеря в донорских участках кожного трансплантата с расщепленной толщиной может быть значительной при большой площади ожоговой раны и планируемой аутодермопластике. Сообщалось о нескольких методах уменьшения кровопотери, включая местное

нанесение адреналиновых аппликаций, растворов тромбина [17] и подкожную адреналиновую инфильтрацию как в местах ожога, так и в местах донорского кожного трансплантата с расщепленной толщиной [2, 16]. Лучший контроль интра- и послеоперационного кровотечения может уменьшить последующую боль за счет уменьшения необходимости электрокоагуляции, сократить продолжительность как хирургической процедуры, так и общей анестезии, упростить вмешательство для хирурга и обезопасить пациента, сократить период, необходимый для повторной эпителизации в донорском участке, и обеспечить экономическую выгоду от большей доступности операционной для других пользователей.

Инфильтрация адренергическими вазоконстрикторами в донорском участке непосредственно перед операцией поможет достичь этих целей. Продемонстрированы результаты хирургических операций у обожженных для уменьшения послеоперационной боли и кровопотери на донорских участках [5]. Результаты показали, что подкожная адреналиново-лидокаиновая инфильтрация в местах расположения донорских участков уменьшала интраоперационное кровотечение и послеоперационную боль, сокращала продолжительность операции и общей анестезии, ускоряла повторную эпителизацию в месте расположения донорских участков кожи.

Были изучены методы кожной пластики и возможности уменьшения послеоперационной боли и кровопотери на донорских участках [5]. В группах выполняли подкожную инфильтрацию на донорских участках либо раствором адреналина в соотношении 1:500 000 с добавлением лидокаина, либо 0,45 % изотоническим раствором натрия хлорида (контрольная группа). Измерения результатов включали величину интраоперационной кровопотери, необходимость электрокоагуляции, сутки, в течение которых гидроколлоидная повязка оставалась на донорских участках, процент реэпителизированной кожи на донорских участках через 1 нед. после операции и жизнеспособность кожных трансплантатов. Установлено, что подкожная адреналиново-лидокаиновая инфильтрация в местах взятия расщепленных трансплантатов уменьшала величину интраоперационной кровопотери, послеоперационную боль, сокращала продолжительность операции и общей анестезии и ускоряла повторную эпителизацию в месте забора трансплантатов. Еще одно преимущество подкожной инфильтрации адреналином — это минимальное послеоперационное просачивание в гидроколлоидные повязки, которые остаются чистыми и сухими, и их не нужно менять, что уменьшает общую боль, связанную с такими манипуляциями.

Были также оценены эффекты местного и подкожного введения адреналина. Ученые использовали подкожную инфильтрацию, поскольку не нашли доказательств различий в результатах между методами. Подкожная инъекция адреналина дает одно преимущество по сравнению с местным применением, поскольку упрощает взятие

кожных трансплантатов из традиционно труднодоступных областей, как, например, живот, и позволяет хирургу отбирать более тонкие трансплантаты из обычных областей (бедро). В донорских участках по средней линии спины и верхней части туловища, где необходимо устранить впадины поверхности тела для облегчения контакта с дерматомом, подкожная инфильтрация оказывается очень полезной.

Возможно, применение местных сосудосуживающих средств может способствовать задержке послеоперационного кровотечения, временно блокируя сосуды, которые позже начинают кровоточить в послеоперационной палате, когда первоначальный сосудосуживающий эффект заканчивается.

Оказалось, что адреналиновая инфильтрация ускоряет повторную эпителизацию в донорских участках и, таким образом, сокращает продолжительность пребывания пациентов в стационаре, а также позволяет им при необходимости легче перенести дополнительную операцию. Анализ исходов трансплантации продемонстрировал, что подкожная инъекция адреналина не ставит под угрозу выживаемость пациентов [9].

Было также продемонстрировано, что подкожная инфильтрация адреналина при лечении ожога ускоряет повторную эпителизацию в донорском участке, уменьшая количество смен повязок и, следовательно, боль в донорских участках. Результаты этого исследования свидетельствуют о возможности безопасного увеличения площади используемых кожных трансплантатов за операцию. Инфильтрация не оказывала отрицательного влияния на жизнеспособность кожных трансплантатов и не способствовала нарушению сердечного ритма или учащению сердцебиения. Кроме того, она позволяет проводить повторные операции, при необходимости, и ускорить окончательное заживление, сокращая продолжительность пребывания в стационаре и частоту возможных осложнений. Эффект при подкожном введении адреналина с растворами признают большинство авторов. Но вот по поводу объема, дозировки препарата для инъекционного введения у пациентов с ожоговой травмой хирурги и анестезиологи ведут дискуссии. Хотя подкожное введение и местную аппликацию раствора адреналина широко применяют для гемостаза во время некрэктоми и свободной аутодермопластики, острые системные сердечно-сосудистые эффекты адреналина недостаточно хорошо документированы и до конца не изучены. Важно, что при использовании этих методов необходим адекватный мониторинг, поскольку могут возникать нарушения сердечного ритма, особенно при применении адреналина в сочетании с ингаляционной анестезией, при применении пропофола [9].

Изучена динамика сердечно-сосудистых реакции на адреналин, вводимый подкожно и местно во время ожоговой операции. Пациенты, которым последовательно вводили подкожно и местно раствор адреналина во время

некрэктомии и кожной аутодермопластики, находились под наблюдением до введения препарата, во время подкожной инфильтрации адреналином, а затем после его введения. На основании этих результатов применение адреналина местно и подкожно показано безопасным — он вызывает минимальные острые сердечно-сосудистые эффекты [3].

Сообщается, что 0,9 % раствор натрия хлорида с адреналином (1:200 000) действительно вызывает временную гипотензию и другие гемодинамические изменения во время общей анестезии, которые длятся не более 4 мин. Причинный механизм обусловлен действием адреналина. Эффект кратковременный и не оказывает серьезных последствий [22].

В большинстве случаев в литературе описаны благоприятные исходы применения адреналина при подкожном введении препарата, хотя указаны в зарубежной литературе случаи с осложнениями и летальными исходами пациентов. Описанные осложнения связаны с тем, что введение препарата при проводниковой анестезии кистей может привести к ишемии, так как препарат обладает вазоконстрикторным действием.

Ряд физиологических исследований показал, что адреналин вызывает лишь преходящую вазоконстрикцию, которая возвращается к исходному уровню в течение нескольких часов и обычно в течение 1 ч [1, 8, 13]. Однако в этих исследованиях представлены результаты, которые могут вызывать беспокойство при применении к группам риска. В нескольких статьях были обнаружены сведения, что после инъекции адреналина происходят изменения в дистальном насыщении кислородом [1, 12, 18]. Это преходящее, но потенциально значительное время ишемии в сочетании с патофизиологией синдрома Рейно может повысить чувствительность к адреналину и привести к травме. Поэтому авторы рекомендуют тщательно собирать анамнез и провести физикальное обследование на предмет признаков или симптомов феномена Рейно у всех пациентов, перенесших дигитальную блокаду. Врачи предостерегают от использования адреналина при блокадах на уровне пальцев у этих пациентов и от применения анальгезии адреналином, такой как анестезия в состоянии бодрствования с наложением жгута, если существуют какие-либо опасения.

Сравнили системные эффекты у обожженных и необожженных пациентов, которым была проведена пересадка кожи с использованием или без использования местного адреналина для контроля кровотечения [14]. Данное исследование показало, что местное применение этого препарата оказывает системное воздействие на гемодинамику и концентрацию адреналина в сыворотке крови. Повышенные концентрации адреналина у пациентов с ожогами предполагают повышенные абсорбционные свойства у этих пациентов. Повышенные концентрации лактата и соотношения лактата/пирувата указывают на ишемию тканей, вероятно, кожи. Также описаны

случаи летального исхода, связанные с передозировкой препарата из-за невнимательности медицинского персонала [7].

Пациент хирургического профиля в Канаде скончался после инъекции адреналина в соотношении 1:1000 из шприца, в котором, по мнению хирургической медсестры и хирурга, содержался местный анестетик [7]. Во время процедуры хирург предполагал использовать лидокаин 1 % с адреналином 1:100 000 для инъекции в качестве местного анестетика. Ему вручили шприц, содержащий то, что, по его мнению, было запрошенным лекарством. Хирург ввел лекарство в место операции. Сразу после этого у пациента возникла сердечная аритмия, приведшая к остановке сердца. Несмотря на все реанимационные мероприятия, пациент скончался. Собранная впоследствии информация указывала на то, что в шприце содержался адреналин в дозе 1 мг/мл (1:1000), предназначенный для местного применения. Персонал больницы в сотрудничестве с организацией безопасности пациентов (ISMP) Канады выпустил общенациональный бюллетень, чтобы привлечь внимание к этому событию и призвать все больницы к действиям по предотвращению подобных ошибок [7].

Аналогичный случай произошел в 2004 г. в США: 7-летний мальчик умер во время тимпаномастоидэктомии после получения смертельной дозы адреналина [7]. Адреналин в соотношении 1:1000 был случайно налит в чашку на стерильном поле с надписью «лидокаин с адреналином». Эту чашку следовало использовать для пропитывания эпинефрином таблеток (разновидность стерильной марлевой упаковки), но таблетки так и не были добавлены. Техник-хирург набрал 3 мл из стаканчика с надписью «Лидокаин с адреналином», но на самом деле в шприце было 3 мг адреналина. Этот шприц применяли для проникновения в ухо, что вызвало остановку сердца у ребенка. Обычно местный адреналин и анестетик для инъекций подготавливают до начала процедуры. Однако операционную сестру отвлекли после того, как она набрала адреналин в дозе 1 мг/мл в шприц, и положила шприц на дальний столик. Позже, когда хирург попросил ввести местный анестетик для инъекции, медсестра положила шприц с дозой 1 мг/мл на подставку рядом с операционным столом, полагая, что в нем содержится инъекционный анестетик [7].

В литературных источниках можно встретить разное соотношение адреналина с растворами при подкожном введении препарата. P. Gasto и соавт. [5] сообщали о подкожном введении растворов адреналина при кожной аутодермопластике в концентрациях до 1:50 000 с хорошим эффектом и даже более высокие концентрации безопасно использовали при других формах хирургии. Несмотря на широкое признание этих результатов, за последние годы было опубликовано несколько аналитических исследований, подтверждающих или игнорирующих эти выводы. Вопрос об объемах и дозировке адреналина при хирургических операциях все еще актуален.

Минимальный порог гемостатического эффекта адреналина был проанализирован группой ученых, которые не обнаружили различий между основными результатами измерения различных концентраций адреналина, инфильтрированного в их исследовании, и предположили, что 30 мл описанного раствора адреналина на см² донорского участка, введенного подкожно примерно за 10 мин до операции, достаточно для уменьшения интраоперационного кровотечения. Этого можно достичь без неблагоприятного воздействия на жизнеспособность трансплантата, индукции нарушений сердечного ритма или увеличения частоты сердечных сокращений. Врачи обозначают, что следует изучить крупные серии, чтобы более точно определить соответствующую минимальную концентрацию подкожной инфильтрации адреналином на 2 см² донорского участка [7].

При анализе данных государственной фармакопеи России была выявлена максимально допустимая доза адреналина при подкожном введении — 1 мл. Можно заключить, что 2500 мл — это максимальное количество 0,9 % раствор натрия хлорида, если вводить по 2 капли на 250 мл. Подготовку раствора с адреналином производил врач-хирург перед операцией. Согласно опыту авторов данной статьи, при подобном применении препарата осложнения не развиваются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, учитывая проведенный анализ литературы и собственные наблюдения, можно сформулировать следующие принципы безопасной практики использования раствора адреналина в хирургии-комбустиологии.

1. Максимальное количество изотонического раствора натрия хлорида (если вводить по 2 капли адреналина на 250 мл при подкожном введении препарата) — 2500 мл.
2. Основные противопоказания для применения препарата: гиперчувствительность к любому из компонентов препарата, гипертрофическая обструктивная кардиомиопатия, тахикардия, фибрилляция желудочков, хроническая сердечная недостаточность стадии IIБ–III, феохромоцитомы, острая и хроническая артериальная недостаточность, гиперкалиемия, холодовая травма,

органические повреждения головного мозга, закрытоугольная глаукома, детский возраст до 18 лет (кроме состояний, непосредственно угрожающих жизни), беременность, период грудного вскармливания, одновременное применение ингаляционных средств для общей анестезии (галотана). Адреналин в комбинации с местными анестетиками не следует использовать для местной анестезии пальцев рук и ног из-за риска ишемического повреждения тканей.

3. Адреналин для подкожного применения должен готовиться в присутствии врача. Целесообразно всегда маркировать шприцы, контейнеры и выбрасывать немаркированные продукты во избежание ошибки.

Разработка единых показаний и противопоказаний использования адреналина с эффектом снижения кровопотери при хирургических операциях остается актуальной задачей комбустиологии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFO

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

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

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Altinyazar H.C., Ozdemir H., Koca R., et al. Epinephrine in digital block: color Doppler flow imaging // *Dermatol Surg.* 2004. Vol. 30, N 4–1. P. 508–511. doi: 10.1111/j.1524-4725.2004.30165.x
2. Budny P.G., Regan P.J., Roberts A.H.N. The estimation of blood loss during burns surgery // *Burns.* 1993. Vol. 19, N 2. P. 134–137. doi: 10.1016/0305-4179(93)90036-8
3. Cartotto R., Kadikar N., Musgrave M.A., et al. What are the acute cardiovascular effects of subcutaneous and topical epinephrine for hemostasis during burn surgery? // *J Burn Care Rehabil.* 2003. Vol. 24, N 5. P. 297–305. doi: 10.1097/01.BCR.0000085847.47967.75
4. Farny B., Fontaine M., Latarjet J., et al. Estimation of blood loss during adult burn surgery // *Burns.* 2018. Vol. 44, N 6. P. 1496–1501. doi: 10.1016/j.burns.2018.04.019
5. Gacto P., Miralles F., Pereyra J.J., et al. Haemostatic effects of adrenaline-lidocaine subcutaneous infiltration at donor sites // *Burns.* 2009. Vol. 35, N 3. P. 343–347. doi: 10.1016/j.burns.2008.06.019

6. Gigengack R.K., Verhees V., Koopman-van Gemert A.W.M.M., et al. Cell salvage in burn excisional surgery // *Burns*. 2021. Vol. 47, N 1. P. 127–132. doi: 10.1016/j.burns.2020.06.030
7. Grissinger M. Fatalities after inadvertent injections of topical epinephrine // *P. T.* 2013. Vol. 38, N 9. P. 496–517.
8. Green D., Walter J., Heden R., Menacker L. The effects of local anesthetics containing epinephrine on digital blood perfusion // *J Am Podiatr Med Assoc.* 1979. Vol. 82, N 2. P. 98–110. doi: 10.7547/87507315-82-2-98
9. Kamibayashi T., Hayashi Y., Sumikawa K., et al. Enhancement by propofol of epinephrine-induced arrhythmias in dogs // *Anesthesiology*. 1991. Vol. 75, N 6. P. 1035–1040. doi: 10.1097/0000542-199112000-00016
10. Luo G., Fan H., Sun W., et al. Blood loss during extensive escharectomy and auto-microskin grafting in adult male major burn patients // *Burns*. 2011. Vol. 37, N 6. P. 790–793. doi: 10.1016/j.burns.2011.01.021
11. Marsden N.J., Van M., Dean S., et al. Measuring coagulation in burns: an evidence-based systematic review // *Scars, Burns and Healing*. 2017. Vol. 3. ID 2059513117728201. doi: 10.1177/2059513117728201
12. Moog P., Dozan M., Betzl J., et al. WALANT-Epinephrine injection may lead to short term, reversible episodes of critical oxygen saturation in the fingertips // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021. Vol. 141, N 3. P. 527–533. doi: 10.1007/s00402-020-03744-5
13. McNamara C.T., Greyson M. Digital ischemia after lidocaine with epinephrine injection in a patient with primary Raynaud's phenomena // *Case Rep Plast Surg Hand Surg*. 2022. Vol. 9, N 1. P. 193–196. doi: 10.1080/23320885.2022.2117702
14. Papp A.A., Uusaro A.V., Ruokonen E.T. The effects of topical epinephrine on haemodynamics and markers of tissue perfusion in

- burned and non-burned patients requiring skin grafting // *Burns*. 2009. Vol. 35, N 6. P. 832–839. doi: 10.1016/j.burns.2008.10.001
15. Postuszny J.A., Gamelli R.L. Anemia of thermal injury: combined acute blood loss anemia and anemia of critical illness // *J Burn Care Res*. 2010. Vol. 31, N 2. P. 229–242. doi: 10.1097/BCR.0b013e3181d0f618
16. Sterling J.P., Heimbach D.M. Hemostasis in burn surgery — a review // *Burns*. 2011. Vol. 37, N 4. P. 559–565. doi: 10.1016/j.burns.2010.06.010
17. Slob J., Gigengack R.K., van Baar M.E., et al. Effectiveness of tranexamic acid in burn patients undergoing surgery — a systematic review and meta-analysis // *BMC Anesthesiol*. 2024. Vol. 24. ID 91. doi: 10.1186/s12871-024-02471-3
18. Sönmez A., Yaman M., Ersoy B., Numanodlu A. Digital blocks with and without adrenalin: a randomised-controlled study of capillary blood parameters // *J Hand Surg Eur Vol*. 2008. Vol. 33, N 4. P. 515–518. doi: 10.1177/1753193408090143
19. Tompeck A.J., Gajdhar A.U.R., Dowling M., et al. A comprehensive review of topical hemostatic agents: The good, the bad, and the novel // *J Trauma Acute Care Surg*. 2020. Vol. 88, N 1. P. e1–e21. doi: 10.1097/TA.0000000000002508
20. Wang X.-X., Liu Q., Sui J.-X., et al. Recent advances in hemostasis at the nanoscale // *Adv Healthc Mater*. 2019. Vol. 8, N 23. ID e1900823. doi: 10.1002/adhm.201900823
21. Wang L., You X., Dai C., et al. Hemostatic nanotechnologies for external and internal hemorrhage management // *Biomater Sci*. 2020. Vol. 8, N 16. P. 4396–4412. doi: 10.1039/d0bm00781a
22. Yang J.J., Wang Q.P., Wang T.Y., et al. Marked hypotension induced by adrenaline contained in local anesthetic // *Laryngoscope*. 2005. Vol. 115, N 2. P. 348–352. doi: 10.1097/01.mlg.0000154752.94055.72

REFERENCES

1. Altinyazar HC, Ozdemir H, Koca R, et al. Epinephrine in digital block: color Doppler flow imaging. *Dermatol Surg*. 2004;30(4–1): 508–511. doi: 10.1111/j.1524-4725.2004.30165.x
2. Budny PG, Regan PJ, Roberts AHN. The estimation of blood loss during burns surgery. *Burns*. 1993;19(2):134–137. doi: 10.1016/0305-4179(93)90036-8
3. Cartotto R, Kadikar N, Musgrave MA, et al. What are the acute cardiovascular effects of subcutaneous and topical epinephrine for hemostasis during burn surgery? *J Burn Care Rehabil*. 2003;24(5):297–305. doi: 10.1097/01.BCR.0000085847.47967.75
4. Farny B, Fontaine M, Latarjet J, et al. Estimation of blood loss during adult burn surgery. *Burns*. 2018;44(6):1496–1501. doi: 10.1016/j.burns.2018.04.019
5. Gacto P, Miralles F, Pereyra JJ, et al. Haemostatic effects of adrenaline-lidocaine subcutaneous infiltration at donor sites. *Burns*. 2009;35(3):343–347. doi: 10.1016/j.burns.2008.06.019
6. Gigengack RK, Verhees V, Koopman-van Gemert AWMM, et al. Cell salvage in burn excisional surgery. *Burns*. 2021;47(1):127–132. doi: 10.1016/j.burns.2020.06.030
7. Grissinger M. Fatalities after inadvertent injections of topical epinephrine. *P. T.* 2013;38(9):496–517.
8. Green D, Walter J, Heden R, Menacker L. The effects of local anesthetics containing epinephrine on digital blood perfusion. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1979;82(2):98–110. doi: 10.7547/87507315-82-2-98
9. Kamibayashi T, Hayashi Y, Sumikawa K, et al. Enhancement by propofol of epinephrine-induced arrhythmias in dogs. *Anesthesiology*. 1991;75(6):1035–1040. doi: 10.1097/0000542-199112000-00016
10. Luo G, Fan H, Sun W, et al. Blood loss during extensive escharectomy and auto-microskin grafting in adult male major burn patients. *Burns*. 2011;37(6):790–793. doi: 10.1016/j.burns.2011.01.021
11. Marsden NJ, Van M, Dean S, et al. Measuring coagulation in burns: an evidence-based systematic review. *Scars, Burns and Healing*. 2017;3:2059513117728201. doi: 10.1177/2059513117728201
12. Moog P, Dozan M, Betzl J, et al. WALANT-Epinephrine injection may lead to short term, reversible episodes of critical oxygen saturation in the fingertips. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021;141(3):527–533. doi: 10.1007/s00402-020-03744-5
13. McNamara CT, Greyson M. Digital ischemia after lidocaine with epinephrine injection in a patient with primary Raynaud's phenomena. *Case Rep Plast Surg Hand Surg*. 2022;9(1):193–196. doi: 10.1080/23320885.2022.2117702
14. Papp AA, Uusaro AV, Ruokonen ET. The effects of topical epinephrine on haemodynamics and markers of tissue perfusion in burned and non-burned patients requiring skin grafting. *Burns*. 2009;35(6):832–839. doi: 10.1016/j.burns.2008.10.001
15. Postuszny JA, Gamelli RL. Anemia of thermal injury: combined acute blood loss anemia and anemia of critical illness. *J Burn Care Res*. 2010;31(2):229–242. doi: 10.1097/BCR.0b013e3181d0f618

16. Sterling JP, Heimbach DM. Hemostasis in burn surgery — a review. *Burns*. 2011;37(4):559–565. doi: 10.1016/j.burns.2010.06.010
17. Slob J, Gigengack RK, van Baar ME, et al. Effectiveness of tranexamic acid in burn patients undergoing surgery — a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*. 2024;24:91. doi: 10.1186/s12871-024-02471-3
18. Sönmez A, Yaman M, Ersoy B, Numanodlu A. Digital blocks with and without adrenalin: a randomised-controlled study of capillary blood parameters. *J Hand Surg Eur Vol*. 2008;33(4):515–518. doi: 10.1177/1753193408090143
19. Tompeck AJ, Gajdhar AUR, Dowling M, et al. A comprehensive review of topical hemostatic agents: The good, the bad, and the novel. *J Trauma Acute Care Surg*. 2020;88(1):e1–e21. doi: 10.1097/TA.0000000000002508
20. Wang X-X, Liu Q, Sui J-X, et al. Recent advances in hemostasis at the nanoscale. *Adv Healthc Mater*. 2019;8(23):e1900823. doi: 10.1002/adhm.201900823
21. Wang L, You X, Dai C, et al. Hemostatic nanotechnologies for external and internal hemorrhage management. *Biomater Sci*. 2020;8(16):4396–4412. doi: 10.1039/d0bm00781a
22. Yang JJ, Wang QP, Wang TY, et al. Marked hypotension induced by adrenaline contained in local anesthetic. *Laryngoscope*. 2005;115(2):348–352. doi: 10.1097/01.mlg.0000154752.94055.72

ОБ АВТОРАХ

***Юлия Васильевна Юрова**, канд. мед. наук, научный сотрудник, врач-хирург, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»; адрес: Россия, 192242, ул. Будапештская, д. 3; ORCID: 0000-0002-7778-9965; eLibrary SPIN: 3801-8528; e-mail: elf2479@mail.ru

Евгений Владимирович Зиновьев, д-р мед. наук, профессор, руководитель отдела термических поражений, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия; профессор кафедры госпитальной хирургии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; ORCID: 0000-0002-2493-5498; eLibrary SPIN: 4069-2346; e-mail: evz@list.ru

Павел Константинович Крылов, канд. мед. наук, врач-хирург, отдел термических поражений, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия; ORCID: 0000-0003-2872-2008; eLibrary SPIN: 5438-9944; e-mail: krylov79@yandex.ru

Ольга Станиславовна Панкратьева, врач-хирург, отдел термических поражений, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия; ORCID: 0000-0003-2101-2505; eLibrary SPIN: 8909-5931; e-mail: chany@list.ru

Кирилл Максимович Талалаев, студент, 3-й курс, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия; ORCID: 0009-0006-9989-6987; e-mail: talalaev.03@mail.ru

AUTHORS' INFO

***Yulia V. Yurova**, MD, PhD, Researcher, Surgeon, I.I. Dzhanelidze Saint Petersburg Research Institute of Emergency Medicine; address: 3 Budapeshskaya st., Saint Petersburg, 192242, Russia; ORCID: 0000-0002-7778-9965; eLibrary SPIN: 3801-8528; e-mail: elf2479@mail.ru

Evgeny V. Zinoviev, MD, PhD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Thermal Lesions, I.I. Dzhanelidze Saint Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg, Russia; Professor, Department of Hospital Surgery, Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia; ORCID: 0000-0002-2493-5498; eLibrary SPIN: 4069-2346; e-mail: evz@list.ru

Pavel K. Krylov, MD, PhD, Surgeon, Burn Department, I.I. Dzhanelidze Saint Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg, Russia; ORCID: 0000-0003-2872-2008; eLibrary SPIN: 5438-9944; e-mail: krylov79@yandex.ru

Olga S. Pankratieva, Surgeon, Burn Department, I.I. Dzhanelidze St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg, Russia; ORCID: 0000-0003-2101-2505; eLibrary SPIN: 8909-5931; e-mail: chany@list.ru

Kirill M. Talalaev, Student, 3rd year, I.I. Dzhanelidze St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg, Russia; ORCID: 0009-0006-9989-6987; e-mail: talalaev.03@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author