

## РЕВАСКУЛЯРИЗИРУЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЕВОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТРАВМЫ

Д.С. Меркулов<sup>1,2,3</sup>✉, Э.Я. Фисталь<sup>2,3</sup>, В.О. Демчук<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Клиника ЮНА Эстетик»,  
Донецк, Донецкая Народная Республика, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака,  
Донецк, Донецкая Народная Республика, Российская Федерация

<sup>3</sup> Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького,  
Донецк, Донецкая Народная Республика, Российская Федерация

### Аннотация

**Введение.** Высокоэнергетические травмы, которыми являются огнестрельные ранения, сочетанные с общим тяжелым состоянием пострадавшего, вызывают затруднения в выборе тактики оказания хирургической помощи, в особенности при поражении функционально значимых анатомических зон (области суставов, шеи). Невыполнение первичной хирургической обработки (ПХО) таких ран либо ее чрезмерная отсрочка неизбежно ведут к формированию обширного некроза, скоплению гноя в замкнутых полостях, нарушению физиологических барьеров и развитию раневой инфекции. Одним из эффективных методов для радикального очищения ран является применение низкочастотного ультразвука. В основу работы было положено выполнение ультразвуковой кавитации при ПХО с одномоментной пластикой раневого дефекта. В зависимости от локализации раны, общего состояния пострадавшего после выполнения ПХО при устранении дефектов мягких тканей использовали кожно-фасциальные, мышечные либо кожно-мышечные лоскуты. В том случае, если состояние пациента не позволяло выполнить закрытие раны с применением сложных лоскутов, производилась обработка ран с помощью ультразвуковой кавитации, а закрытие ран выполнялось после стабилизации состояния пациента в среднем через 2–3 дня после повторной хирургической обработки с ультразвуковой кавитацией. Обоснована тактика применения реваскуляризирующих лоскутов при ПХО огнестрельных ран с использованием высокочастотного ультразвука в качестве радикального дебридмента при подготовке ран к пластическому закрытию.

Цель исследования: улучшение способов первичной хирургической обработки путем применения ультразвуковой кавитации у пациентов, получивших боевую хирургическую травму.

**Материал и методы.** В исследование были включены 34 мужчины в возрасте от 20 до 60 лет (средний возраст  $(39,2 \pm 2,4)$  года) с посттравматическими дефектами мягких тканей. Всем пациентам выполняли ультразвуковую кавитацию во время ПХО, после чего осуществлялось закрытие раневых дефектов с использованием лоскутов на осевом кровообращении в ранние сроки после получения травмы. В среднем срок доставки раненых в специализированный центр составлял  $(18,0 \pm 2,2)$  ч. Все участники исследования получили травмы в результате боевых действий: изолированные осколочные ранения – 20 человек, 14 человек поступили с комбинированной минно-взрывной травмой.

**Результаты.** У троих пациентов травмы сопровождались открытыми сложными переломами (тип III в классификации Gustilo). У 8 участников исследования имело место обнажение костных структур, у 7 – обнажение ткани сухожилий, у одного – обнажение костных структур нижней челюсти, открытый перелом верхней челюсти с повреждением гайморовой пазухи, перелом скуловой кости. У 8 пациентов регистрировались обширные повреждения нижних и верхних конечностей, у двоих – травматическая ампутация нижней конечности, у 5 – наличие ожогов различной степени тяжести в комбинации с осколочными ранениями. Максимальным сроком выполнения реконструкции считали первые 72 ч с момента получения травмы. Однако, придерживаясь тактики damage control, допустимым временем реконструкции считали 24 ч с момента получения травмы, учитывая тот факт, что в этот срок не успевает развиться раневая инфекция, а бактериальное обсеменение минимально.

**Заключение.** Полученные нами данные дают основание сделать вывод об эффективности использования ультразвуковой кавитации, что позволяет применять реваскуляризирующие лоскуты для закрытия раневой поверхности в ранние сроки после получения боевой хирургической травмы.

**Ключевые слова:** ультразвуковая кавитация, реваскуляризирующие лоскуты, комбинированная минно-взрывная травма.

- Конфликт интересов:** авторы подтверждают отсутствие явного и потенциального конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.
- Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
- Для цитирования:** Меркулов Д.С., Фисталь Э.Я., Демчук В.О. Реваскуляризирующие операции при лечении боевой хирургической травмы // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2024. Т. 27, № 2. С. 72–81. doi 10.52581/1814-1471/89/08

## REVASCULARIZATIVE SURGERY IN THE TREATMENT OF COMBAT SURGICAL TRAUMA

D.S. Merkulov<sup>1, 2, 3✉</sup>, E.Ya. Fistal<sup>2, 3</sup>, V.O. Demchuk<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Clinic UNA Aesthetic, Donetsk, Donetsk People's Republic, Russian Federation

<sup>2</sup> V.K. Gusak Institute for Emergency and Reconstructive Surgery, Donetsk, Donetsk People's Republic, Russian Federation

<sup>3</sup> Donetsk National Medical University named after M. Gorky, Donetsk, Donetsk People's Republic, Russian Federation

### Abstract

**Objective.** High-energy injuries, such as gunshot wounds, combined with the general serious condition of the victim, cause difficulties in choosing tactics for providing surgical care, especially when functionally significant areas are affected. Failure to perform primary surgical treatment of such wounds or its excessive delay inevitably leads to the formation of extensive necrosis, accumulation of pus in confined spaces, disruption of physiological barriers and the development of wound infection. One of the effective methods for more radical cleansing of wounds is the use of low-frequency ultrasound. The study was based on the principle of wound treatment using low-frequency ultrasound, in particular the implementation of ultrasonic cavitation when performing primary surgical treatment with simultaneous repair of a wound defect. Depending on the location and general condition of the victim after primary surgical treatment, fasciocutaneous, muscle, or musculocutaneous flaps were used to eliminate soft tissue defects. In the event that the patient's condition did not allow wound closure using complex flaps, wound treatment was performed using ultrasonic cavitation, and wound closure was performed after stabilization of the condition, on average 2–3 days after repeated surgical treatment using ultrasonic cavitation. The tactics of using revascularization flaps in the primary surgical treatment of gunshot wounds using high-frequency ultrasound as a radical debridement in preparing wounds for plastic closure are substantiated.

Purpose of the study: to improve the methods of primary surgical treatment in patients with combat surgical trauma.

**Material and methods.** The study included 34 men aged 20–60 years old (average age (39.2 ± 2.4) years old) with post-traumatic soft tissue defects. All patients were treated with methods of closing wound defects using flaps on the axial circulation in the early stages after injury. On average, the time it took to deliver a wounded person to a specialized center was (18.0 ± 2.2) hours. All study participants were injured as a result of combat operations: isolated shrapnel wounds – 20 people, 14 people were admitted with combined mine-explosive trauma.

**Results.** In 3 patients, injuries were accompanied by open compound fractures (type III in the Gustilo classification). 8 patients had exposure of bone structures, 7 patients had exposure of tendon tissue, 1 patient had exposure of bone structures of the lower jaw, an open fracture of the upper jaw with damage to the maxillary sinus, and a fracture of the zygomatic bone. 8 patients had extensive injuries to both lower and upper extremities, 2 patients had traumatic amputation of the lower extremity, 5 also had burns of varying severity in combination with shrapnel wounds. The optimal time for reconstruction was considered to be the first 72 hours from the moment of injury. However, adhering to damage control tactics, the acceptable time for reconstruction was considered to be days from the moment of injury, taking into account that during this period wound infection does not develop and bacterial contamination is minimal.

**Conclusions.** Our data allows us to conclude that the use of ultrasonic cavitation is effective, which allows the use of revascularization flaps to close the wound surface in the early stages after combat surgical trauma.

**Keywords:** ultrasonic cavitation, revascularization flaps, combined mine-blast injury.

- Conflict of interest:** the authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.
- Financial disclosure:** no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.
- For citation:** Merkulov D.S., Fistal E.Ya., Demchuk V.O. Revascularizative surgery in the treatment of combat surgical trauma. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2024;27(2):72-81. doi 10.52581/1814-1471/89/08

## ВВЕДЕНИЕ

В результате современных военных конфликтов постоянно увеличивается количество пострадавших с комбинированной взрывной травмой, что побуждает к поиску новых подходов к лечению пострадавших [1]. Минно-взрывные травмы являются особым видом сочетанных огнестрельных поражений (огнестрельная политравма) и характеризуются результатом многофакторного воздействия повреждающих агентов, обладающих особенностями механогенеза повреждений, сопровождаются масштабными и глубокими разрушениями органов и тканей, общим контузионно-коммоционным синдромом [2]. Создание благоприятных условий для заживления раны заключается в воздействии хирургическим путем на раневой процесс для уменьшения патологических явлений в зоне вторичного некроза, например, внешним остеосинтезом огнестрельного перелома стержневым аппаратом, адекватным дренированием раны, введением антибиотиков и других препаратов. Невыполнение первичной хирургической обработки (ПХО) таких ран либо ее чрезмерная отсрочка неизбежно ведут к формированию обширного некроза, скоплению гноя в замкнутых пространствах, нарушению физиологических барьеров и развитию раневой инфекции [3]. Особое значение это имеет при поражении функционально значимых анатомических зон, когда осложнения, возникающие при пролонгации хирургической помощи, приводят к инвалидизации.

Современные подходы в реконструктивной хирургии основываются на минимизации донорского ущерба и рационализации метода пластического устранения дефекта. На основании данных изучения ангиосомов предложено применение небольших по объему перфорантных лоскутов для устранения ограниченных дефектов мягких тканей. Применение кожно-фасциальных лоскутов, таких как надключичный, дает гарантированное обеспечение кровотока, значительно сужает основание лоскута, что исключает необходимость использования массивной ножки по ширине трансплантата, что в свою очередь ведет к минимизации донорского ущерба и негативных результатов операции [4].

Одним из способов, повышающих выживаемость тканей в условиях ишемии, может быть метод эндогенной стимуляции защитно-приспо-

собительных реакций, способствующих ангиогенезу, путем предварительного применения физических факторов воздействия [5, 6].

Пластика ран перемещенным из отдаленных областей сложносоставным кожным лоскутом является эффективным методом реконструкции в функционально значимых областях в условиях ограниченных пластических резервов окружающей кожи [7, 8].

Открытые повреждения конечностей, приводящие к формированию обширных дефектов мягких тканей, характеризуются высоким числом инфекционных осложнений, контрактур крупных суставов, а также выходом большинства пострадавших на инвалидность [9]. Для лечения лиц с подобными травмами необходимо обеспечить неосложненный раневой процесс, что зачастую достигается посредством применения технологий реконструктивной хирургии, предусматривающих использование свободных или несвободных комплексов тканей с осевым типом кровообращения [10]. У пациентов с обширными дефектами тканей нижних конечностей ранние реконструктивные операции с использованием лоскутов с осевым типом кровообращения имеют важные преимущества перед аналогичными вмешательствами, выполненными в поздние сроки. Первичная и первично-отсроченная пластика комплексами тканей с осевым типом кровоснабжения, по сравнению с аналогичными, но проведенными позднее вмешательствами позволяет снизить потребность в дополнительных операциях, а также обеспечивает достижение достоверно лучших отдаленных результатов лечения и более полного восстановления утраченных функций [11].

При поражении высокоэнергетическими ранящими снарядами часто происходит повреждение костных структур конечностей с обширными дефектами мягких тканей. При этом возникают сложные оскольчатые открытые переломы. В клинической практике широко применяются классификация открытых переломов по Gustilo и Anderson [12]. Применение методик пластической хирургии показано при типе поражения IIIВ и IIIС по Gustilo, когда открытые переломы сочетаются с обширными дефектами мягких тканей и надкостницы, а также в случаях сложных переломов, требующих проведения реваскулярных операций [13, 14]. Применение методик лоскутной пластики, в том числе с использова-

нием микрохирургии, создает условия для успешного остеогенеза [15].

Применение местных и свободных ревазкуляризирующих лоскутов для закрытия ран различной локализации в ранние сроки позволяет избежать многих осложнений и в короткие сроки восстановить утраченную функцию, в частности двигательную [16].

Цель исследования: улучшение способов первичной хирургической обработки путем применения ультразвуковой кавитации у пациентов, получивших боевую хирургическую травму.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 34 мужчины с посттравматическими дефектами мягких тканей. Возраст пациентов варьировал от 20 до 60, средний возраст составил  $(39,2 \pm 2,4)$  года.

Все участники исследования получили травмы в результате боевых действий: 20 человек – изолированные осколочные ранения, 14 пациентов поступили с комбинированной минно-взрывной травмой.

Все пациенты получали своевременную специализированную помощь, включающую как хирургическое, так и консервативное лечение.

Всем участникам исследования были применены методы закрытия раневых дефектов с использованием лоскутов на осевом кровообращении в ранние сроки с момента получения травмы. Срок доставки раненых в специализированный центр составлял в среднем  $(18,0 \pm 2,2)$  ч. Больным при первичной хирургической обработке (ПХО) выполняли ультразвуковую кавитацию раневого канала и раневых дефектов с последующей первичной или первично-отсроченной пластикой в сроки, не превышающие 48 ч после ПХО.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У троих пациентов травмы сопровождались открытыми сложными переломами (тип III в классификации Gustilo), у 8 пациентов наблюдалось обнажение костных структур, у 7 – обнажение тканей сухожилий, у одного больного – обнажение костных структур нижней челюсти, открытый перелом верхней челюсти с повреждением гайморовой пазухи, перелом скуловой кости. У 8 участников исследования отмечались обширные повреждения нижних и верхних конечностей, у 2 – травматическая ампутация нижней конечности, у 5 регистрировались ожоги различной степени тяжести в комбинации с осколочными ранениями.

Максимальным сроком выполнения реконструкции считали первые 72 ч с момента полу-

чения участниками исследования травмы. Однако, придерживаясь тактики damage control, допустимым временем реконструкции считали 24 ч с момента получения травмы, учитывая, что в данный срок не еще развивается раневая инфекция, а бактериальное обсеменение минимально.

При поступлении пациентов в стационар оценивали их общее состояние, определяли локализацию и площадь полученного повреждения, наличие в ране обнаженных функционально значимых структур. Также пациентам при поступлении выполняли рентгенографию с целью выявления инородных тел (рис. 1).



Рис. 1. Рентгенография костей таза и левого бедра пациента с минно-взрывной травмой при поступлении в стационар

Fig. 1. X-ray of the pelvic bones and left thigh of a patient with a mine explosion injury upon admission to the hospital

При стабильном состоянии больного закрытие раны выполняли сразу после ПХО. Во время ПХО выполняли ультразвуковую кавитацию ран, предварительно удалив из них металлические осколки. При затруднении визуализации последних, удаление осуществляли под рентген-контролем. Обработку ран проводили при резонансной частоте 10–15 кГц и амплитуде 140/150 мкм на волноводе, площадь основания рабочей части которого составляет около 15 мм<sup>2</sup>, мощностью от 200 до 1000 мВ/мм<sup>2</sup> (рис. 2).

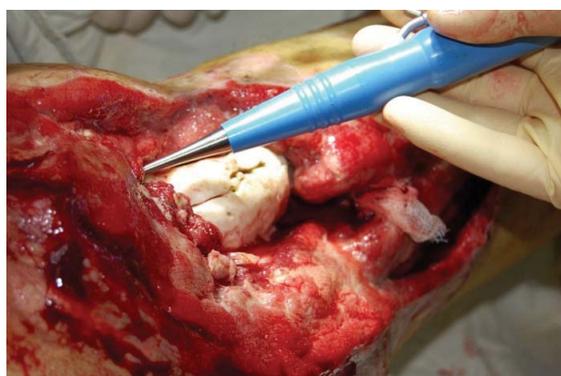


Рис. 2. Ультразвуковая кавитация обширной огнестрельной раны левого бедра с обнажением бедренной кости

Fig. 2. Ultrasonic cavitation of an extensive gunshot wound of the left thigh with the femur exposed

При необходимости проведения реконструкции с использованием реваскуляризованного лоскута операцию выполняли на 2–3-и сут.

Для оценки состояния микроциркуляции окружающих тканей и минимизации объема иссечения краев перед ПХО выполняли лазерную доплеровскую флоуметрию (рис. 3).

Метод закрытия раны выбирали в зависимости от локализации и глубины поражения. На лице и шее одним из наиболее часто используемых лоскутов был надключичный, позволяющий закрывать достаточно обширные дефекты с минимальным травмированием донорского участка. При закрытии ран голени с открытыми переломами костей, применяли мышечные лоскуты с медиальной головки икроножной мышцы (рис. 4).



Рис. 3. Лазерная доплеровская флоуметрия скальпированного лоскута огнестрельного ранения правой голени  
Fig. 3. Laser Doppler flowmetry of a scalped flap of a gunshot wound to the right shin



а



б



в

Рис. 4. Хирургическое лечение пациента с обнажением костных структур голени: а – дефект мягких тканей правой голени; б – рентгенография костей правой голени; в – этап операции, выполняется закрытие костного дефекта лоскутом из медиальной головки икроножной мышцы

Fig. 4. Surgical treatment of a patient with exposure of the bone structures of the lower leg: а – soft tissue defect of the right lower leg; б – X-ray of the bones of the right leg; в – stage of the operation, the bone defect is closed with a flap from the medial head of the gastrocnemius muscle



Рис. 5. Результат лечения пациента через 2,5 мес с момента получения травмы

Fig. 5. The result of treatment of the patient 2.5 months after injury

Применение высокочастотного ультразвука при ПХО позволяет провести радикальное очищение раны и в ранние сроки выполнить закрытие раневого дефекта с использованием реваскуляризирующих лоскутов.

Пострадавшим в тяжелом состоянии этап реконструкции выполняли отсрочено. При первичной обработке останавливали кровотечение, фиксировали костные отломки и проводили ультразвуковую кавитацию. Через 2–3 сут после стабилизации состояния пациентов выполняли реконструкцию пораженной зоны.

При оказании помощи пациентам с комбинированной минно-взрывной травмой при наличии поражения лица, обширных ожогов на первом этапе выполняли ультразвуковую кавитацию ран и ожогов, поверхностные ожоги I–II ст. закрывали лиофилизированными ксенотрансплантатами, в области циркулярных глубоких ожогов

конечностей проводили некрофасциотомию с целью декомпрессии и при необходимости выполняли трахеостомию. Вторым этапом, при наличии показаний в применении методик реваскуляризирующих операций, осуществляли повторную хирургическую обработку ран, их ультразвуковую кавитацию и закрытие ран лоскутом, тип кровообращения которого зависел от локализации, глубины и площади поражения.

В качестве примера приводим клинический случай лечения пациента, получившего тяжелую минно-взрывную травму.

Пациент Д., 38 лет, поступил в клинику 10.09.2022 с диагнозом «комбинированная травма: осколочное ранение носа, дефект мягких тканей спинки носа, скуловой области слева, нижнего века слева. Слепое осколочное ранение гайморовой пазухи слева, дефект носовой перегородки, дефект носовых раковин слева. Баротравма, акутравма. Контузия. Тяжелый травматический шок».

При поступлении у пациента также отмечалось наличие дефекта носовых костей, верхних латеральных хрящей и центральной части носовой перегородки (рис. 6).

При ПХО, которая была выполнена через 4 ч после получения травмы, проведены: остановка кровотечения, тампонада полости носа, иссечение нежизнеспособных краев раны, наложение провизорных швов.

На следующие сутки после стабилизации состояния больного были выполнены повторная хирургическая обработка ран, ревизия полости носа и удаление осколков. Также выполнена ультразвуковая кавитация ран и удалены нежизнеспособные фрагменты костной ткани и слизистой полости носа (рис. 7).

Учитывая наличие дефектов носовых костей, костной части носовой перегородки и части четырехугольного хряща, было принято решение выполнить аутохондропластику с использованием

реберного хряща по методике косоугольного расщепления (рис. 8).



Рис. 6. Внешний вид поражения головы пациента Д., 38 лет, 20 ч с момента получения комбинированной минно-взрывной травмы

Fig. 6. An appearance of the head lesion in patient D., 38 years old, 20 hours after receiving a combined mine-blast injury



Рис. 7. Повторная хирургическая обработка  
Fig. 7. Re-debridement



*a*



*b*

Рис. 8. Замещение дефекта спинки носа и носовой перегородки реберным хрящом по методике косоугольного расщепления: *a* – подготовка трансплантатов; *b* – фиксация трансплантатов в реципиентной зоне

Fig. 8. Replacement of a defect in the back of the nose and nasal septum with costal cartilage using the oblique cleavage technique: *a* – transplant preparation; *b* – fixation of grafts in the recipient zone



Рис. 9. Закрытие дефекта лобным лоскутом: *а* – прямая проекция; *б* – боковая проекция  
 Fig. 9. Closure of the defect with a frontal flap: *a* – frontal projection; *б* – lateral projection

Для замещения дефекта мягких тканей был применен лобный ротационный лоскут на питающем сосуде из бассейна надглазничной артерии. Дефект кожи скуловой области и донорский участок были закрыты расщепленными кожными трансплантатами (рис. 9).

Контрольный осмотр пациента через 1 мес показал, что выбранная методика дала возможность закрыть рану и сохранить функцию дыхания. Использование кровоснабжаемого лоскута позволило предотвратить остеомиелитические изменения в костях верхней челюсти и некроз хрящевого остова спинки носа (рис. 10).



Рис. 10. Внешний вид пациента Д. через 1 мес после получения травмы

Fig. 10. An appearance of patient D. 1 month after the injury

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При поступлении пациентов с тяжелой комбинированной боевой травмой перед хирургом встает вопрос, какие действия необходимо предпринять в первую очередь. Распространенная тактика выжидания очищения ран, учитывая частую травматизацию функционально значимых сегментов при боевой травме, может приводить к развитию инфекционных осложнений, стойкому нарушению функции поврежденной зоны и инвалидизации пострадавшего. Радикально проведенная ПХО с применением низкочастотного ультразвука дает возможность не только накладывать первичный шов на огнестрельные раны, но и применять пересадку сложных комплексов тканей с наименьшими рисками развития инфекционных осложнений. Это позволяет значительно сократить сроки лечения пострадавших с боевой травмой и их реабилитации, а также предотвратить инвалидизацию.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Миннуллин И.П., Сурувикин Д.М. Лечение огнестрельных и взрывных ранений. СПб.: Морсар А.В., 2001. 208 с.
2. Алиев С.А., Байрамов Н.Ю. Результаты лечения раненых с минно-взрывной травмой // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2022. № 12. С. 68–77.
3. Самохвалов И.М., Ляшедько П.П., Тынянкин Н.А. Хирургическое лечение огнестрельных ран // Указания по военно-полевой хирургии: учебное пособие / под ред. А.Н. Белинских. 8-е изд. М.: Главное военномедицинское управление МО РФ, 2013. С. 42–51.

4. Вербо Е.В., Филичпов И.К., Гилёва К.С., Орджоникидзе М.З., Горкуш К.Н., Москалёва О.С. Использование надключичного лоскута на перфорантном сосуде при устранении дефектов челюстно-лицевой области // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. 2015. № 1. С. 10–23.
5. Ozawa C.R., Banfi A., Glazer N.L. Microenvironment VEGF concentration, not total dose, determines a threshold between normal and aberrant angiogenesis // *J. Clin. Invest.* 2004. P. 19–24.
6. Akhavan M.A., Paleolog B.S.E.M., Kang N. Angiogenesis and plastic surgery // *Plast. Reconst. Surg.* 2008. Vol. 86, № 12. P. 1425–1437.
7. Липатов К.В., Комарова Е.А., Хрупкин В.И., Кирюпина М.А. Значение пластики лоскутом на временной питающей ножке в замещении раневых дефектов // *Новости хирургии*. 2019. Т. 27, № 1. С. 42–47.
8. Безоян В.С., Филимонов К.А., Дорожко Ю.А., Кириллов В.И. Лечение ятрогенного электроожога голени и его осложнений итальянским методом кожной пластики: клиническое наблюдение // *Травматология и ортопедия России*. 2015. Т. 21, № 2 (76). С. 83–89.
9. Родоманова Л.А. Возможности реконструктивной микрохирургии в раннем лечении больных с обширными посттравматическими дефектами конечностей: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб, 2010. 40 с.
10. Тихалов Р.М., Курчиш А.Ю., Родомалова Л.А. Микрохирургия и травматология // *Травматология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. С. 611–699.
11. Родоманова Л.А., Кочиш А.Ю. Сравнительный анализ эффективности ранних и поздних реконструктивных микрохирургических операций у пациентов с обширными посттравматическими дефектами тканей нижних конечностей // *Травматология и ортопедия России*. 2014. Т. 20, № 4. С. 36–46.
12. Gustilo R.B., Mandoza R.M., Williams N.D. Problems in the management of type III (severe) open fractures // *J. Trauma*. 1984. Vol. 24. P. 742–746.
13. Пшенисцов К.П. Принципы реконструкции нижней конечности // *Избранные вопросы пластической хирургии*. 2003. Т. 1, №9. – С. 48.
14. Soltanian H., Gorsia R.M., Hollenbeck S.T. Current concepts in lower extremity reconstruction // *Plast. Reconst. Surg.* 2015. Vol. 136, № 6. P. 815–829.
15. Слесаренко С.В., Бадюл В.А., Оксимец В.М., Ковбаса Е.А., Слесаренко Д.С. Случай успешной реконструкции критически поврежденной нижней конечности // *Травма*. 2017. Т. 18, № 5. С. 77–82.
16. Шибаев Е.Ю., Иванов П.А., Власов А.П., Кисель Д.А., Лазарев М.П., Неведров А.В., Цоглин Л.Л. Восстановление покровных тканей у пострадавших с тяжелыми открытыми переломами костей голени // *Российский журнал им. С.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2014. № 1. С. 30–36.

## REFERENCES

1. Minnullin I.P., Surovikin D.M. Lecheniye ognestrel'nyh i vzryvnyh raneniy [Treatment of the gunshot and explosive wounds]. St. Petersburg, Morsar A.V. 2001:208 p. (In Russ.).
2. Aliev S.A., Bayramov N.Yu. Rezul'taty lecheniya raneniykh s minno-vzryvnoy travmoy [Treatment of victims with mine-explosive injuries]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova – N.I. Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2022;12:68-77.
3. Samokhvalov I.M., Lyashedko P.P., Tynyankin N.A. Hirurgicheskiye lecheniye ognestrel'nyh ran [Surgical treatment of the gunshot wounds]. In: Belinskikh A.N. (ed.) *Ukazaniya po voenno-polevoy hirurgii* [Guidelines for military field surgery: manual]. 8<sup>th</sup> ed. Moscow, Main Military Medical Directorate of the Russian Defense Ministry. 2013:42-51. (In Russ.).
4. Verbo E.V., Filichpov I.K., Gileva K.S., Ordzhonikidze M.Z., Gorkush K.N., Moskaleva O.S. Ispol'zovaniye nadklyuchichnogo loskuta na perforantnom sosude pri ustraneni defektov chelyustno-litsevoy oblasti [The use of a supraclavicular flap on a perforating vessel in the elimination of defects in the maxillofacial area]. *Annaly plasticheskoy, rekonstruktivnoy i esteticheskoy khirurgii – Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*. 2015;1:10-23. (In Russ.).
5. Ozawa C.R., Banfi A., Glazer N.L. Microenvironment VEGF concentration, not total dose, determines a threshold between normal and aberrant angiogenesis. *J. Clin. Invest.* 2004;(2):19-24.
6. Akhavan M.A., Paleolog B.S.E.M., Kang N. Angiogenesis and plastic surgery. *Plast. Reconst. Surg.* 2008;86(12):1425-1437.
7. Lipatov K.V., Komarova E.A., Khrupkin V.I., Kiryupina M.A. Znachenie plastiki loskutom na vremennoy pitayushchey nozhke v zameshchenii ranevykh defektov [Significance of Distant Pedicled Flaps Grafting in Closing Traumatic Defects]. *Novosti Khirurgii*. 2019 Jan-Feb;27(1):42-48. (In Russ.).
8. Bezoyan V.S., Filimonov K.A., Dorozhko Yu.A., Kirillov V.I. Lecheniye yatrogenno elektroozhoga goleni i ego oslozhneniy ital'yanskim metodom kozhnoy plastiki: klinicheskoe nablyudenie [Treatment of shin iatrogenic electric burn and its complications using the cross-leg flap (case report)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii – Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015;21(2):83-89. (In Russ.).

9. Rodomanova L.A. *Vozможnosti rekonstruktivnoy mikrokhirurgii v rannem lechenii bol'nykh s obshirnymi post-traumaticheskimi defektami konechnostey: avtoref. dis. dokt. med. nauk* [Possibilities of reconstructive microsurgery in the early treatment of patients with extensive post-traumatic limb defects: Author. Dis. Dr. Med. sci.]. St. Petersburg, 2010:40 p. (In Russ.).
10. Tikhlov R.M., Kirchish A.Yu., Rodomalova L.A. Mikrokhirurgiya i travmatologiya [Microsurgery and traumatology]. In: *Travmatologiya: natsional'noe rukovodstvo* [Traumatology: National Guide]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2011:611-699 (In Russ.).
11. Rodomanova L.A., Kochish A.Yu. Sravnitel'nyy analiz effektivnosti rannih i pozdnykh rekonstruktivnykh mikrokhirurgicheskikh operatsiy u pacientov s obshirnymi posttraumaticheskimi defektami tkaney nizhnykh konechnostey [Comparative analysis of results of early and late microsurgical reconstructive operations in patients with extensive posttraumatic tissue defects of lower extremities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii – Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2014;20(4):36-46. (In Russ.).
12. Gustilo R.B., Mandoza R.M., Williams N.D. Problems in the management of type III (severe) open fractures. *J. Trauma*. 1984;24:742-746.
13. Pshenishnov K.P. Principy rekonstrukcii nizhney konechnosti [Principles of reconstruction of the lower limb]. *Izbrannyye voprosy plasticheskoy khirurgii – Selected Issues of Plastic Surgery*. 2003;1(9):48. (In Russ.).
14. Soltanian H., Gorsia R.M., Hollenbeck S.T. Current concepts in lower extremity reconstruction. *Plast. Reconst. Surg.* 2015;136(6):815-829.
15. Sliesarenko S.V., Badul V.A., Oksimets V.M., Kovbasa E.A., Sliesarenko D.S. Sluchay uspehnoy rekonstrukcii kriticheskoy povrezhdennoy nizhney konechnosti [A case of successful reconstruction of a critically injured lower limb]. *Travma – Trauma*. 2017;18(5):77-82. (In Russ.).
16. Shibaev E.Yu., Ivanov P.A., Vlasov A.P., Kisel D.A., Lasarev M.P., Nevedrov A.V., Tsoglin L.L. Vosstanovleniye pokrovnykh tkaney u postradavshih s tyazhelymi otkrytymi perelomami kostey goleni [Soft tissue reconstruction in patients with severe open tibia fractures]. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch' – Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2014;1:30-36. (In Russ.).

#### Сведения об авторах

**Меркулов Данил Сергеевич**  – пластический хирург ООО «Клиника ЮНА Эстетик» (Россия, 283017, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Овнатаняна, д. 29а); врач пластический хирург Института неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака (Россия, 283045, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Ленинский, д. 47); ассистент кафедры термических повреждений и пластической хирургии Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького (Россия, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Ильича, д. 16).  
<https://orcid.org/0009-0003-8881-6871>  
 e-mail: merkulovds@mail.ru

**Фисталь Эмиль Яковлевич** – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой термических повреждений и пластической хирургии Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького (Россия, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Ильича, д. 16); президент Института неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака (Россия, 283045, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Ленинский, д. 47).  
<https://orcid.org/0009-0005-4052-7848>

**Демчук Владислав Олегович** – врач пластический хирург, ассистент кафедры скорой медицинской помощи Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького (Россия, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Ильича, д. 16).  
<https://orcid.org/0009-0001-0621-2106>

#### Information about authors

**Danil S. Merkulov** , plastic surgeon, Clinic YuNA Aesthetic (29a, Ovnatanyan st., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283017, Russia); plastic surgeon, V.K. Gusak Institute for Emergency and Reconstructive Surgery (47, Leninsky Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283045, Russia); Assistant, the Department of Thermal Injuries and Plastic Surgery, Donetsk National Medical University named after M. Gorky (16, Ilyich Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283003, Russia).  
<https://orcid.org/0009-0003-8881-6871>  
 e-mail: merkulovds@mail.ru

**Emil Ya. Fistal**, Dr. Med. sci., Professor, the Department of Thermal Injuries and Plastic Surgery, Donetsk National Medical University named after M. Gorky (16, Ilyich Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283003, Russia); President of the

V.K. Gusak Institute for Emergency and Reconstructive Surgery (47, Leninsky Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283045, Russia).

<https://orcid.org/0009-0005-4052-7848>

**Vladislav O. Demchuk**, plastic surgeon, Assistant, the Department of Emergency Medicine, Donetsk National Medical University named after M. Gorky (16, Ilyich Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283045, Russia).

<https://orcid.org/0009-0001-0621-2106>

*Поступила в редакцию 02.04.2024; одобрена после рецензирования 25.04.2024;  
принята к публикации 11.05.2024*

*The article was submitted 02.04.2024; approved after reviewing 25.04.2024;  
accepted for publication 11.05.2024*