



СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ МЯГКОТКАННЫХ ДЕФЕКТОВ МЕТОДАМИ ТКАНЕВОГО РАСТЯЖЕНИЯ

М.Ю. Кабанов^{1,2}, Н.И. Глушкин^{1,2}, В.О. Мирошниченко¹, Т.Л. Горшенин^{1,2},
М.А. Биниенко¹, С.Г. Измайлова³, С.Н. Богданов³

¹Госпиталь для ветеранов войн, Народная ул., 21, корп. 2, г. Санкт-Петербург, 193079, Россия

²Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,

Пискаревский пр., д. 47, г. Санкт-Петербург, 195067, Россия

³Городская клиническая больница № 7 им. Е.Л. Березова, ул. Октябрьской революции, д. 66а, г. Нижний Новгород, 603011, Россия

Резюме. Актуальность. Проблема закрытия обширных раневых дефектов представляет сложную задачу современной хирургии. Рост числа техногенных катастроф, дорожно-транспортных происшествий, боевых действий и террористических актов обуславливает увеличение количества пострадавших с обширными дефектами мягких тканей, которые невозможно устраниить традиционным способом наложения швов. Цель исследования – анализ современного состояния проблемы закрытия раневых дефектов методами острого и дозированного тканевого растяжения на основе данных отечественной и зарубежной литературы. Материалы и методы. Проведён анализ научных публикаций, посвящённых методам тканевой дистракции, представленных в базах данных PubMed, eLibrary, CyberLeninka. Рассмотрены конструктивные особенности и клиническая эффективность современных устройств для экзогенного тканевого растяжения. Результаты. Представлена классификация раневых адаптационно-репозиционных аппаратов (PAPA) с разделением на пять подгрупп: игольчатые, нитевые, спицевые, стержневые и клеевые. Описаны принципы работы внутритканевых аппаратов (экспандеров) и внетканевых устройств. Проанализированы преимущества и ограничения каждого метода, показания и противопоказания к их применению. Освещены современные тенденции совершенствования аппаратов, включая автоматизированный контроль тензии и математическое обоснование параметров дистракции. Заключение. Метод дозированной тканевой дистракции является перспективным направлением лечения пациентов с обширными раневыми дефектами, способствующим сокращению сроков госпитализации и снижению затрат на лечение. Необходима дальнейшая разработка новых устройств и алгоритмов, адаптированных к индивидуальным особенностям раневых дефектов.

Ключевые слова: раневые дефекты [D014947]; тканевое растяжение [D015626]; реконструктивные хирургические процедуры [D019651]; хирургические лоскуты [D013524]; травмы мягких тканей [D017695]; заживление ран [D014945]; взрывные повреждения [D000070642]; пластическая хирургия [D013518]; кожная пластика [D016038]; методы закрытия ран [D058106].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Кабанов М.Ю., Глушкин Н.И., Мирошниченко В.О., Горшенин Т.Л., Биниенко М.А., Измайлова С.Г., Богданов С.Н. Современные реалии хирургического лечения мягкотканых дефектов методами тканевого растяжения. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье. 2025;15(5):69-77. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.5.CLIN.6>

CURRENT APPROACHES TO SURGICAL TREATMENT OF SOFT TISSUE DEFECTS USING TISSUE EXPANSION TECHNIQUES

**Maksim Yu. Kabanov^{1,2}, Nikolay I. Glushkov^{1,2}, Vyacheslav O. Miroshnichenko¹, Timofey L. Gorshenin^{1,2},
Mikhail A. Binienko¹, Sergey G. Izmaylov³, Sergey N. Bogdanov³**

¹Hospital for war veterans, Narodnaya st., 21, bldg. 2, St. Petersburg, 193079, Russia

²North-Western State Medical University named after. I.I. Mechnikova, Piskarevsky pr., 47, St. Petersburg, 195067, Russia

³City Clinical Hospital No. 7 named after. E.L. Berezova, st. October Revolution, 66a, Nizhny Novgorod, 603011, Russia

Abstract. *Background.* The problem of closing extensive wound defects remains a challenging task in modern surgery. The increasing number of technogenic disasters, road traffic accidents, military operations, and terrorist attacks leads to a rise in patients with extensive soft tissue defects that cannot be managed using conventional suturing techniques. *Objective.* To analyze the current state of the problem of wound defect closure using acute and gradual tissue stretching methods based on domestic and international literature data. *Materials and methods.* An analysis of scientific publications on tissue distraction methods from PubMed, eLibrary, and CyberLeninka databases was conducted. The design features and clinical effectiveness of modern devices for exogenous tissue stretching were reviewed. *Results.* A classification of wound adaptation-repositioning devices (WARD) is presented, divided into five subgroups: needle-type, suture-type, wire-type, rod-type, and adhesive-type. The principles of operation of intratissue devices (expanders) and extratissue devices are described. The advantages and limitations of each method, as well as indications and contraindications for their use, are analyzed. Current trends in device improvement, including automated tension control and mathematical justification of distraction parameters, are highlighted. *Conclusion.* The method of gradual tissue distraction is a promising approach for treating patients with extensive wound defects, contributing to reduced hospitalization duration and treatment costs. Further development of new devices and algorithms adapted to individual wound defect characteristics is required.

Keywords: wounds and injuries [D014947]; tissue expansion [D015626]; reconstructive surgical procedures [D019651]; surgical flaps [D013524]; soft tissue injuries [D017695]; wound healing [D014945]; blast injuries [D000070642]; surgery, plastic [D013518]; skin transplantation [D016038]; wound closure techniques [D058106].

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Cite as: Kabanov M.Yu., Glushkov N.I., Miroshnichenko V.O., Gorshenin T.L., Binienko M.A., Izmaylov S.G., Bogdanov S.N. Current approaches to surgical treatment of soft tissue defects using tissue expansion techniques. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2025;15(5):69-77. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.5.CLIN.6>

Введение и эпидемиология

Проблема закрытия обширных раневых дефектов приобретает всё большую актуальность в условиях возрастающего количества пострадавших в техногенных катастрофах, чрезвычайных ситуациях, боевых действиях и террористических актах [1, 2]. Статистические данные свидетельствуют о неуклонном росте количества пациентов с раневыми дефектами больших размеров с необходимостью проведения различных реконструктивных вмешательств.

Из широкого спектра кожно-пластических операций для закрытия обширных раневых дефектов наиболее часто применяется пластика местными тканями, которая может выполняться одномоментно или с использованием метода дозированной дермотензии [3]. Выбор конкретной методики определяется не только размерами и локализацией дефекта, но и общим состоянием пациента, наличием инфекционных осложнений и экономическими факторами. Применение различных вариантов замещения раневого дефекта дают возможность применения индивидуального подхода в зависимости от особенностей дефекта тканей и экстренности его замещения. Большое значение в обеспечении эффективности лечения ведущие исследователи в раневой хирургии придают комбинированному подходу к выбору варианта закрытия

дефекта, который, в первую очередь, определяется тяжестью состояния пациента, характером поражения и локализацией раневого дефекта.

Теоретические основы метода дозированной тканевой дистракции

Метод дозированной тканевой дистракции (МДТД) представляет собой важный подход в восстановительной хирургии для устранения дефектов покровных тканей различной этиологии. Физиологическая особенность дозированной дистракции тканей основана на способности биологических тканей увеличивать свой объём в ответ на воздействие внутреннего или внешнего раздражителя и приложении постоянной нагрузки к участку здоровой кожи, располагающемуся вблизи раневого дефекта [4]. Именно данный принцип, впервые описанный Г.А. Илизаровым, показал, что приложение постоянной нагрузки к участку здоровой кожи, расположенному вблизи раневого дефекта, стимулирует процессы регенерации и роста тканей.

Большинство доступных методов замещения дефектов кожи и мягких тканей до недавнего времени рассматривались в качестве паллиативных и, главным образом, были направлены на «быстрое» закрытие раны и профилактику ранних инфекционных осложнений. В связи с этим был предложен метод дозированной тканевой дистракции (МДТД)

с наилучшим балансом эффективности, безопасности, косметического эффекта и стоимостью лечения [5, 6].

В настоящее время феномен растяжения ткани – это идеальная стратегия для получения кожи, подходящей по цвету, текстуре и плотности волосяного покрова к окружающим тканям, а также для того, чтобы минимизировать выраженность процесса рубцевания кожи и уменьшить риск отторжения кожного трансплантата [7]. При больших размерах раны пластика местными тканями за счёт их перемещения не всегда возможна, но также при свободной аутодермопластике больные могут испытывать значительные неудобства в раннем послеоперационном периоде в области донорских участков кожи [8].

Современные исследования показывают, что контролируемое растяжение тканей активирует каскад молекулярных процессов, включающих усиление васкуляризации, стимуляцию синтеза коллагена и активацию факторов роста. Это обеспечивает не только увеличение площади доступных для пластики тканей, но и улучшение их качественных характеристик.

Классификация современных методов тканевого растяжения

Внутритканевые методы: экспандерная дермотензия. Для замещения дефектов в современной хирургии используются внутритканевые аппараты (экспандеры) и раневые адаптационно-репозиционные аппараты (PAPA). Экспандерная дермотензия представляет собой хирургическую технику создания дополнительного объёма тканей посредством постепенного растяжения кожи и подкожных структур с помощью имплантируемых экспандеров. Метод широко применяется в реконструктивной и пластической хирургии для устранения дефектов различной этиологии, включая последствия ожогов, травм, опухолевых процессов и врожденных аномалий [8]. В последнее десятилетие XX и в начале XXI века баллонная дермотензия заняла важное место среди методов закрытия раневых дефектов. Преимущества тканевой тензии при использовании экспандера заключаются в возможности получения «кожного» материала рядом с зоной дефекта, что избавляет хирурга от необходимости переноса тканей отдалённых областей, минимизировать болевые ощущения и сохранить чувствительность пересаживаемых лоскутов.

Однако при наличии гнойной раны применение экспандеров считается рискованным из-за повышенного риска инфекционных осложнений. Это связано с тем, что инородное тело может стать источником инфекции, усугубляя текущее состояние

раны и увеличивая её площадь и сроки лечения ран. При наличии противопоказаний к закрытию раневых дефектов с помощью экспандерной техники применимо использование различных PAPA.

Внешние методы: раневые адаптационно-репозиционные аппараты. Впервые общая классификация с делением PAPA в зависимости от особенностей конструкции рабочей части на 4 подгруппы описана в 1999 г. [9, 10]. Принципиальные конструктивные особенности рабочей части, определяющей способ захвата тканей краёв раны, позволяет разделить PAPA на следующие основные подгруппы: игольчатые (иPAPA), нитевые (НРАРА), спицевые (СпРАРА), стержневые (СтРАРА), с гладкими упорными элементами (клеевые) (ГРАРА). Каждая подгруппа представлена множеством модифицированных моделей, разработанных как в России, так и за рубежом [11]. Рассмотрим современные PAPA созданные как в Российской Федерации, так и за рубежом.

Сравнительная характеристика современных устройств

Игольчатые системы дозированной тензии

В Норвегии (1996) создано устройство «External Tissue Extender», суть работы которого заключается в постепенном движении одного края раны к запирающему устройству через блокирующий элемент с помощью ремешков, закреплённых на силиконовых стержнях [12]. Клинические исследования показали его эффективность при дефектах средней площади с относительно низкой частотой осложнений.

Устройство Proxiderm (США, 1997) состоит из двух крючков с пружинным механизмом между ними, которые крепятся к жизнеспособной ткани вблизи краёв раны, используется четыре варианта модели, которые применяются для различных анатомических локализаций [13]. Устройство обеспечивает равномерное распределение нагрузки, что снижает риск прорезывания тканей.

Имеются разработанные иPAPA (EASApprox, BIOWIM, Китай) замещения дефектов кожи путём дозированной тканевой дистракции [14]. Китайские разработки демонстрируют высокую эффективность при закрытии больших раневых дефектов, при этом отличаются более доступной стоимостью. В КНР создан Zip-аппарат для соединения ран игольчатым механизмом [15, 16]. Устройство использует игольчатый механизм соединения и показал хорошие результаты в азиатской популяции пациентов.

Предложенное устройство в Нидерландах (2010) «Ty-Raps» крепится к коже хирургическими скобами, которые подтягиваются каждые 24-48 ча-

сов с помощью ленты с храповым односторонним механизмом и активно используется в современное время [17]. Простота конструкции и надежность обеспечили широкое распространение данного устройства.

Нитевые адаптационные системы

Значительный вклад в развитие метода дозированной тканевой дистракции с помощью спиц Киршнера и нитевой тяги для закрытия ран внесли Амирасланов Ю.А. и соавт., Митиш В.А. и соавт., Светухин А.М. и соавт. [18, 19]. Также стоит отметить метод зашивания «проблемных» ран методом «шнурования» раны с мобилизацией краев раневого дефекта, установкой в них различных технических средств, например скоб или крючков, анкеров, спиц Киршнера и тракцией при помощи различного швного материала, эластичных резиновых лент, проведённых крест-накрест [20, 21].

По данным клинических исследований эффективным, надежным и дешевым методом закрытия ран различной этиологии является комбинированное использование спиц Киршнера и пластиковых лент с храповым механизмом. Это позволяет осуществлять постоянное натяжение и тем самым поддерживать равномерное натяжение тканей краёв раны по всей её длине. Кроме этого, инструмент доступен, имеет низкую стоимость и прост в обработке и применении при замещении дефектов, поэтому этот метод используется как в Российской Федерации, так и за рубежом [22-24].

В США в 1992 году создано устройство «S.T.A.R.» состоящее из активного элемента (катушки), неактивного элемента (стабилизирующего ключа) и освобождающего штифта. Активный элемент (катушка) располагается с одной стороны раны. Сопоставление тканей обеспечивается подтягиванием нитей в катушке [25]. Устройство «Vessel loop» (Австралия, 1997) представлено двумя эластичными сосудистыми петлями, которые скрепляются скобами на одном конце раны и продеваются через скобы наподобие шнурка с последующей постепенной тракцией краев раны [26].

В 2004 году разработано устройство «Loop suture», суть метода заключается в том, что из нейлоновой нити завязывают петлю, которая закрепляется на двух отверстиях на одном конце фиксирующего устройства [27]. Инструмент «SBWCD», разработанный в США (2008), состоит из нержавеющей стали длиной 9,5 см, напоминающий серебряную пулью. SBWCD вшиваются в раны полипропиленовыми швами прерывистым способом и подтягивают обе стороны краёв раны за счёт вращения устройства в глубине раны и последующей постепенной тракции краев раны [28].

Устройство TopClosure (IVT Medical Ltd., Израиль [29]), применяемое при лечении обширных раневых дефектов, является эффективным для раннего сближения краёв кожной раны и профилактики возможных осложнений. TopClosure применяется как самостоятельное устройство, так и в комбинации с NPWT-системой [30-34]. Клинические исследования подтверждают её преимущества в профилактике осложнений и сокращении сроков лечения.

Пятаков С.Н. и соавт. разработали способ дозированного тканевого растяжения обширных дефектов и оригинальное нитевое дермотензионное устройство для его выполнения. Предложенный авторами способ позволяет успешно закрывать раны у пациентов с травмами груди и живота [35].

Тензионное устройство Wisebands (Wisebands Company, Великобритания) помогает закрыть раневые дефекты с низкой частотой осложнений [36]. Суть метода заключается в том, что хирургическая игла и её лента вводятся через края раны, тензия краёв раны фиксируется устройством контроля натяжения с обратной связью, которое удерживает ленту и контролирует растяжение тканей [37].

Нитевые адаптационные инструменты для закрытия обширных ран методом постоянного расширения кожного покрова (CETE), в том числе включая ABRA, SureClosure (Southmedic Inc, Канада), DynaClose (Southmedic Inc, Канада) и TopClosure, дороги в изготовлении, требуют повторную, достаточно сложную регулировку силы натяжения нити или частую замену рабочих частей [38, 39]. Для устранения выявленных недостатков было разработано новое устройство CETE, DermaClose (SYNOVIS Micro Alliance Companies, США), состоящее из специальных анкеров, шнура и регулятора тензии. Анкеры фиксируются скобами перпендикулярно к краям раны, шнур регулятора натяжения продевается через анкеры в виде шнурка или X-образной формы и после чего выполняется дозированная тракция краев раны. Проведённые многочисленные экспериментальные и клинические исследования показали его безопасность и результативность [40, 41].

В Российской Федерации создан аппарат МДТД с его модификацией, сущностью которого является растяжение тканей на поверхности и в глубине раны с контролем силы натяжения, обеспечивающее дозированное сведение краёв раны с возможностью коррекции задаваемой силы и автоматизированным контролем тензии в отличие от DermaClose [42].

В период с 2017 по 2020 год разработаны устройства и способы ушивания ран: «Rubber bands», «Nice knots» и нейлоновые швы с применением трансфузоров, которые основаны на созда-

нии различных нитевых узлов или их вариаций с фиксацией скобами без возможности автоматизированного контроля тензии [43–45].

Спицевые системы

СпРАРА разделены на две основные группы: с перпендикулярным и параллельным относительно оси раны проведением спиц. Один из первых и наиболее удобных предложенных в нашей стране спицевых аппаратов с перпендикулярным проведением спиц через края раны представляет собой устройство, которое содержит бранши и реечно-винтовой привод с рукояткой [46]. Применение предлагаемого РАРА для внеочагового соединения краёв раны может быть не только временным, но и стационарным – его оставляют на весь этап (до 12 суток) образования достаточно прочного соединения тканей и образования надежного рубца [47].

Для пластики поверхностных ран создано устройство Sure Closure (1995). Две прямые внутрикожные иглы продеваются через края раны, а два U-образных рычага зацепляются за иглы с последующим сопоставлением краёв раны [48]. Также по данным зарубежной литературы, отмечены различные комбинации спиц Киршнера с проволокой, резьбовыми стержнями, крючками с возможностью применения в аппарате Илизарова [49–52].

Наличие храпового механизма и направляющих стержней или спиц для осуществления постепенной тракции краев раны общая закономерность функционирования, разработанных инструментов.

Стержневые системы и современные модификации

Из СтРАРА описаны устройства, содержащие две пластины, снабжённые механизмами взаимной фиксации и сближения, выполненные в виде направляющих стержней. Пластины имеют специальные выступы, с возможностью изменения угла установки при помощи винтов и направляющих [10, 53].

Следует особо отметить современные тенденции модернизации вариантов дополняющих устройств при использовании аппарата Илизарова, адаптированного к индивидуальным характеристикам раны [54]. Предложенный Пятаковым С.Н. и соавт. (2018) метод для закрытия дефектов кожи и мягких тканей передней брюшной стенки комбинирует стержневой и спицевой варианты дистракции мягких тканей [55].

Клеевые адаптационные системы

Метод сближения краёв раны с использованием полос липкого пластиря (пластирная адгезия), накладываемых хирургом, при которой ассистент руками осуществляет максимально возможное сопоставление краёв раны. Если не удается добиться одновременно полного сопоставления краёв, то через 2–3 суток производят смену пластырной ад-

гезии раны. Одним из видов АДТР является клеевая повязка со стягивающим швом на шнурковке. Клеящие повязки (Блендерм, Микропор, Medzip, Zip, Medical tape) отличаются от других типов тем, что являются гипоаллергенными [56–58].

Из этой серии разработанных тензионных клеевых систем заслуживает внимания устройство Steri-Strip S (3M, США), в котором используются неинвазивные силы адгезии клеевой полоски для обеспечения закрытия раневой поверхности [59]. В современной системе DynaClose в качестве шовного материала используются прозрачные полоски эластомера, которые с помощью липкой (клейкой) тканевой ленты фиксируются с обеих сторон к коже для последующей тракции краев раны [60].

Алгоритм выбора метода лечения кожных дефектов

На основе изучения медицинской литературы и практического опыта врачей разработан подход к выбору наиболее подходящего метода лечения. Процесс принятия решения состоит из трёх последовательных этапов.

1. Оценка характеристик повреждения

Первым делом необходимо тщательно изучить сам дефект кожи. Врач определяет размер повреждений, разделяя их на малые, площадью менее 25 см^2 , средние – от 25 до 100 см^2 и большие – свыше 100 см^2 . Важно учесть расположение раны – находится ли она на конечностях, туловище или в области головы и шеи. Также оценивается глубина поражения: затрагивает ли повреждение только поверхностные слои или распространяется глубже, вовлекая фасции. Состояние краёв раны тоже имеет значение – являются ли они жизнеспособными или уже подверглись некрозу.

2. Оценка состояния пациента

Второй этап включает анализ общего состояния пациента. Врач определяет, находится ли пациент в стабильном состоянии, тяжёлом или критическом. Обязательно выясняется наличие инфекции – является ли рана стерильной, контаминированной или уже гнойной. Особое внимание уделяется сопутствующим заболеваниям, таким как сахарный диабет, иммунодефицитные состояния или нарушения свертывания крови, которые могут осложнить заживление.

3. Выбор оптимального метода

При небольших дефектах размером менее 25 см^2 в первую очередь рекомендуются клеевые системы типа Steri-Strip S или DynaClose. Альтернативным вариантом служат простые игольчатые устройства.

Для средних дефектов, площадью от 25 до 100 см^2 , выбор зависит от наличия инфекции. При

отсутствии инфекционного процесса предпочтение отдаётся экспандерной дермотензии. Если инфекция присутствует, используются нитевые системы вроде TopClosure или DermaClose. Экономически оправданным решением являются спицы Киршнера в сочетании с пластиковыми лентами.

Большие дефекты, свыше 100 см², требуют более сложного подхода. Применяется комбинированная методика PAPA совместно с вакуумной терапией NPWT. Также используются спицевые системы с модификацией аппарата Илизарова или стержневые системы при повреждениях туловища.

Сравнение эффективности различных методов

Для оценки результативности разных подходов современная медицина использует пять основных критериев: скорость полного закрытия дефекта в днях, частоту развития осложнений в процентах, экономические затраты в относительных единицах, косметический результат по специальной шкале и удобство применения с точки зрения сложности процедуры.

Игольчатые системы обеспечивают закрытие дефекта за 12-18 дней с частотой осложнений 8-15 процентов. Они отличаются высокой экономической эффективностью и дают хороший косметический результат.

Нитевые системы работают быстрее, обеспечивая закрытие за 10-14 дней при частоте осложнений 5-12%. Их экономическая эффективность оценивается как средняя, но косметический результат получается отличным.

Спицевые системы требуют больше времени – от 14 до 21 дня для полного закрытия, а частота осложнений составляет 10-18%. Но при этом они экономически эффективны и обеспечивают хороший косметический результат.

Экспандерные системы являются самыми медленными, требуя от 21 до 45 дней для закрытия дефекта. Частота осложнений у них наиболее высокая – 15-25%, а экономическая эффективность низкая. Однако косметический результат получается отличным, что оправдывает их применение в определённых ситуациях.

Научно-технические аспекты и доказательная база

Практическое применение рассмотренных устройств для одномоментной или постоянной дермотензии имеет доказанную научную базу с математическим обоснованием и использованием высокоточного оборудования, в том числе: допплеровской флюметрии, резистометров и тензиометров, компрессиометров, оптической когерентной томографии [61-67]. Математическое мо-

делирование процессов тканевой дистракции позволяет прогнозировать результаты лечения и оптимизировать параметры воздействия.

Экономические аспекты

Анализ экономической эффективности показывает, что использование МДТД приводит:

- к сокращению продолжительности стационарного лечения на 25-40%;
- снижению затрат на медикаменты на 30-50%;
- уменьшению расходов на перевязочные материалы на 20-35%;
- снижению частоты повторных госпитализаций на 15-25%;
- наиболее экономически эффективными являются спицевые системы с использованием спиц Киршнера, наименее эффективными – экспандерные методы при инфицированных ранах.

Перспективы развития

Современные тенденции развития методов тканевого растяжения включают:

- разработку «умных» систем с автоматической регулировкой тензии;
- интеграцию с биоматериалами для стимуляции регенерации;
- персонализированный подход с учётом генетических особенностей пациента;
- телемедицинский мониторинг процесса лечения;
- применение 3D-печати для создания индивидуальных устройств.

Заключение

Анализ современной литературы свидетельствует о том, что методы дозированной тканевой дистракции представляют эффективное решение проблемы закрытия обширных раневых дефектов. Выбор оптимального метода должен основываться на комплексной оценке характеристик дефекта, состояния пациента и экономических факторов.

Игольчатые и нитевые системы демонстрируют наилучшее соотношение эффективности и безопасности при средних дефектах. Спицевые методы остаются «золотым стандартом» экономически эффективного лечения. Экспандерная дермотензия показана при отсутствии инфекционных осложнений и необходимости достижения оптимального косметического результата.

Дальнейшее развитие направления требует совершенствования существующих устройств, разработки новых алгоритмов лечения и проведения крупных рандомизированных клинических исследований для определения оптимальных показаний к применению различных методов.

Литература [References]

- 1 Пархомчук Д.С. Организация проведения лечебно-эвакуационных мероприятий в условиях локального вооруженного конфликта. *Медицина катастроф.* 2018;4(104):14-17. Parkhomchuk D.S. Organization of medical evacuation measures in the context of a local armed conflict. *Disaster Medicine.* 2018;4(104):14-17. (In Russ.)
- 2 Дубинкин ВА, Халиман АС. Проблема терроризма и медицинская помощь пострадавшим (научный обзор). В *мире научных открытий.* 2018;10(4):258-272. Dubinkin VA, Khaliman AS. The problem of terrorism and medical care for victims (scientific review). In *the world of scientific discoveries.* 2018;10(4):258-272. (In Russ.)
- 3 Митиш ВА, Амировланов ЮЛ. Пластические и реконструктивные операции в гнойной хирургии и травматологии. *Хирургия.* 2000;4:41-44. Mitish VA, Amiroslanov YuL. Plastic and reconstructive operations in purulent surgery and traumatology. *Surgery.* 2000;4:41-44. (In Russ.)
- 4 Verhaegen PD, Schouten HJ, Tigchelaar-Gutter W, et al. Adaptation of the dermal collagen structure of human skin and scar tissue in response to stretch: an experimental study. *Wound Repair Regen.* 2012;20(5):658-666.
- 5 Бесчастнов ВВ, Орлинская НЮ, Кудыкин МН. Экспериментально-клиническое обоснование применения дозированной дермотензии в первую фазу раневого процесса. *Новости хирургии.* 2012;2. Beschatnov VV, Orlinskaya NYU, Kudykin MN. Experimental and clinical justification for the use of dosed dermatension in the first phase of the wound process. *Surgical News.* 2012;2. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalno-klinicheskoe-obosnovanie-primeneniya-dozirovannoy-dermotenzii-v-pervyyu-fazu-ranevogo-protessa>
- 6 Lee JW, Park SH, Lee SJ, et al. New economical and simple device for intraoperative expansion on small and medium sized soft tissue defects. *Arch Craniofac Surg.* 2018;1(3):235-239.
- 7 Илизаров ГА, Шуров ВА. Влияние напряжения на биомеханические свойства мышц, их кровоснабжение и рост голени. *Физиология человека.* 1988;14(1):26-32. Ilizarov GA, Shurov VA. The effect of tension on the biomechanical properties of muscles, their blood supply and leg growth. *Human physiology.* 1988;14(1):26-32. (In Russ.)
- 8 Ивашков ВЮ, Горбачева ОЮ, Азимова РБ, Соболевский ВА. Варианты замещения обширных дефектов передней брюшной стенки при злокачественных новообразованиях кожи и мягких тканей. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2016;4:40-48. Ivashkov VYu, Gorbacheva OYu, Azimova RB, Sobolevsky VA. Options for replacing extensive defects of the anterior abdominal wall in malignant neoplasms of the skin and soft tissues. *Bone and soft tissue sarcomas and skin tumors.* 2016;4:40-48. (In Russ.)
- 9 Измайлов СГ, Измайлов ГА, Резник ВС, и др. Адаптационно-репозиционные технические средства в сочетании с биоактивным фармакологическим препаратом ксимедон для стимуляции заживления ран. *Медицинская техника.* 1999;2:16-23. Izmailov SG, Izmailov GA, Reznik VS, et al. Adaptation-repositioning technical means in combination with the bioactive pharmacological drug xymedon for stimulation of wound healing. *Medical equipment.* 1999;2:16-23. (In Russ.)
- 10 Измайлов СГ, Измайлов ГА. *Новые технологии в хирургии ран: монография.* Изд-во НГМА; 2004. Izmaylov SG, Izmaylov GA. *Novye tekhnologii v khirurgii ran: monografiya.* Izd-vo NGMA; 2004. (In Russ.)
- 11 Измайлов СГ, Лукоянчиков ЕЕ, Измайлов АГ, Измайлов АА, Ротков АИ. Технические средства соединения краев раны. *Вестник НМХЦ им НИ Пирогова.* 2023;18(1):145-152. Izmailov SG, Lukoyanychev EE, Izmailov AG, Izmailov AA, Rotkov AI. Technical means of joining wound edges. *Bulletin of the Pirogov National Medical and Surgical Center.* 2023;18(1):145-152. (In Russ.)
- 12 Bjarnesen JP, Wester JU, Siemssen SS, Blomqvist G, Jensen NK. External tissue stretching for closing skin defects in 22 patients. *Acta Orthop Scand.* 1996;67(2):182-184.
- 13 Ger R. The use of external tissue expansion in the management of wounds and ulcers. *Ann Plast Surg.* 1997;38(4):352-357.
- 14 Song M, Zhang Z, Liu T, et al. EASAPPROX® skin-stretching system: A secure and effective method to achieve wound closure. *Exp Ther Med.* 2017;14(1):531-538.
- 15 Guo H, Tang J, Zhang J, et al. Effectiveness analysis of disposable skin stretch closure in treatment of difficult to close skin and soft tissue defects. *Chin J Reparative Reconstr Surg.* 2022;36(6):760-765.
- 16 Fang Y, Qiu J, Yu S, Wang Y. A new clip-type nailing device for rapid wound closure and hemostasis. *Asian J Surg.* 2024;47(4):1803-1804.
- 17 Govaert GA, van Helden S. Ty-raps in trauma: a novel closing technique of extremity fasciotomy wounds. *J Trauma.* 2010;69(4):972-975.
- 18 Светухин АМ, Амировланов ЮА, Митиш ВА. Реконструктивные и пластические операции в гнойной хирургии. В кн.: Федоров ВД, Светухина АМ. *Избранный курс лекций по гнойной хирургии.* Миклопш; 2005:64-76. Svetukhin AM, Amiroslanov YuA, Mitish VA. Rekonstruktivnye i plasticheskie operatsii v gnoynoy khirurgii. V kn.: Fedorov VD, Svetukhina AM. Izbrannyy kurs lektsiy po gnoynoy khirurgii. Miklosh; 2005:64-76. (In Russ.)
- 19 Амировланов ЮА, Саркисов ДС, Колокольчикова ЕГ. Пластика дефектов мягких тканей методом дозированного тканевого растяжения. *Врач.* 1993;2:25-27. Amiraslanov YuA, Sarkisov DS, Kolokolchikova EG. Plastic surgery of soft tissue defects using the dosed tissue stretching method. Doctor. 1993;2:25-27. (In Russ.)
- 20 Igoumenou VG, Kokkalis ZT, Mavrogenis AF. Fasciotomy wound management. In: Mauffrey C, Hak DJ, Martin III MP, eds. *Compartment Syndrome: A Guide to Diagnosis and Management.* 2019:83-95.
- 21 Alkhalifah MK, Almutairi FSH. Optimising wound closure following a fasciotomy: A narrative review. *Sultan Qaboos Univ Med J.* 2019;19(3):e192-e200.
- 22 Yontar Y, Tatar S, Aydin A, Coruh A. Delayed primary closure of traumatic tension wounds using plastic straps and Kirschner wires. *Plast Surg (Oakville).* 2019;27(1):29-37.
- 23 Мирошниченко ВО, Кабанов МЮ, Семенцов КВ, и др. Использование различных тензионных методик при формировании короткой культи голени после минно-взрывного ранения. *Вестник НМХЦ им НИ Пирогова.* 2024;19(4):174-177. Miroshnichenko VO, Kabanov MYu, Semenov KV, et al. Use of various tension techniques in the formation of a short leg stump after a mine-blast wound. *Bulletin of the Pirogov National Medical and Surgical Center.* 2024;19(4):174-177. (In Russ.)
- 24 Choudhary AN, Kumar S. Cable ties: Poor man's top closure system. *Indian J Plast Surg.* 2023;56(2):182-184.
- 25 Cohen BH, Cosmetto AJ. The suture tension adjustment reel. A new device for the management of skin closure. *J Dermatol Surg Oncol.* 1992;18(2):112-123.
- 26 Dodenhoff RM, Howell GE. The shoelace technique for wound closure in open fractures: report of early experience. *Injury.* 1997;28(9-10):593-595.
- 27 Lee ET. A new wound closure achieving and maintaining device using serial tightening of loop suture and its clinical applications in 15 consecutive patients for up to 102 days. *Ann Plast Surg.* 2004;53(5):436-441.
- 28 Medina C, Spears J, Mitra A. The use of an innovative device for wound closure after upper extremity fasciotomy. *Hand (N Y).* 2008;3(2):146-151.
- 29 Topaz M, Carmel NN, Silberman A, Li M Sen, Li YZ. The TopClosure® 3S System, for skin stretching and a secure wound closure. *Eur J Plast Surg.* 2012;35(7):533-543.
- 30 Li J, Shi JB, Hong P, et al. Combined treatment with vacuum sealing drainage, TopClosure device, and Ilizarov technique for traumatic hemipelvectomy: A rare case report of successful repairing of large-size soft tissue defects. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(4):e14205.
- 31 Pintor-Tortolero J, Sánchez-Arteaga A, Tallón-Aguilar L, Padillo-Ruiz FJ. Fasciotomy wound secondary to necrotizing fasciitis closure using combination of negative pressure wound therapy and progressive primary closure. *ANZ J Surg.* 2019;89(1-2):E49.
- 32 Dekker PK, Chang BL, Fleury CM, Evans KK. Retention sutures and negative pressure wound therapy for delayed primary closure of fasciotomy wounds. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2021;9(4):e3530.

- 33 Pan Y, Deng Y, Hu C, Zhu K, Feng C. Application of suture-stretching technique in repairing skin defect of lower limb. *J Orthop Surg Res.* 2025;20:46.
- 34 Wang L, Wang C, Chen H, et al. The combined use of a non-invasive skin-stretching device and the negative-pressure wound therapy technique in the treatment of postoperative diabetic foot. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2021;14:3523-3532.
- 35 Пятаков СН, Порханов ВА, Завражнов АА, и др. Оценка клинической эффективности применения метода дозированного тканевого растяжения в лечении дефектов кожи и тканей в области брюшной стенки. *ТМБВ.* 2018;2. Pyatakov SN, Porkhanov VA, Zavrazhnov AA, et al. Evaluation of the clinical efficacy of the dosed tissue stretching method in the treatment of skin and tissue defects in the abdominal wall area. *TMBV.* 2018;2. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-klinicheskoy-effektivnosti-primeneniya-metoda-dozirovannogo-tkanevogo-rastyazheniya-v-lechenii-defektov-kozhi-i-tkaney-v>
- 36 Barnea Y, Gur E, Amir A, et al. Delayed primary closure of fasciotomy wounds with Wisebands, a skin- and soft tissue-stretch device. *Injury.* 2006;37(6):561-566.
- 37 Barnea Y, Gur E, Amir A, et al. Our experience with Wisebands: a new skin and soft-tissue stretch device. *Plast Reconstr Surg.* 2004;113(3):862-869.
- 38 Oh SJ. Closure of a full-thickness scalp burn that occurred during hair coloring using a simple skin-stretching method: A case report and review of the literature. *Arch Plast Surg.* 2019;46(2):167-170.
- 39 Taylor RC, Reitsma BJ, Sarazin S, Bell MG. Early results using a dynamic method for delayed primary closure of fasciotomy wounds. *J Am Coll Surg.* 2003;197(5):872-878.
- 40 May BL, Googe B, Durr S, et al. Utility of a continuous external tissue expander in complex pediatric wound reconstruction. *Eplasty.* 2022;22:e10.
- 41 MacKay BJ, Dardano AN, Klapper AM, et al. Multidisciplinary application of an external tissue expander device to improve patient outcomes: A critical review. *Adv Wound Care.* 2020;9(9):525-538.
- 42 Пятаков СН, Барышев АГ, Муханов МЛ, и др. Случай успешного применения нового устройства для дозированного растяжения мягких тканей при лечении пострадавшего с обширным посттравматическим раневым дефектом голени. *Политравма.* 2024;3:84-89. Pyatakov SN, Baryshev AG, Mukhanov ML, et al. A case of successful use of a new device for dosed stretching of soft tissues in the treatment of a victim with an extensive post-traumatic wound defect of the lower leg. *Polytrauma.* 2024;3:84-89. (In Russ.)
- 43 Cheng LF, Lee JT, Hsu H, Wu MS. Simple skin-stretching device in assisted tension-free wound closure. *Ann Plast Surg.* 2017;78(3 Suppl 2):S52-S57.
- 44 Chen Q, Su W. Treatment of 16 cases of skin defect by stretch regeneration according to law of tension stress. *Chin J Orthopaedic Trauma.* 2018;20:537-540.
- 45 Xu J, Chang R, Zhang W, et al. Skin stretch suturing with Nice knots in the treatment of small- or medium-sized wounds. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):488.
- 46 Измайлова ГА, Ахметзянов ШИ, Измайлова СГ. Устройство для сближения краев раны. *Хирургия.* 1984;12:106-109. Izmailov GA, Akhmetzyanov SHI, Izmailov SG. Device for bringing wound edges together. *Surgery.* 1984;12:106-109. (In Russ.)
- 47 Ismailov GA, Ismailov SG. Apparative adaptation der wundränder. *Chirurgische Prax.* 1997;52(H3):425-430.
- 48 Armstrong DG, Sorensen JC, Bushman TR. Exploiting the viscoelastic properties of pedal skin with the Sure Closure skin stretching device. *J Foot Ankle Surg.* 1995;34(3):247-253.
- 49 Kocialkowski A, Marsh DR, Shackley DC. Closure of the skin defect overlying infected non-union by skin traction. *Br J Plast Surg.* 1998;51(4):307-310.
- 50 Ren G, Zhang M, Cui Z, Wang G, Yu B. Skin stretching device combined with collagen sponge for wound repair. *Chin J Orthopaedic Trauma.* 2018;20:689-695.
- 51 Wu Q, Shao Z, Li Y, et al. A novel skin-stretching device for closing large skin-soft tissue defects after soft tissue sarcoma resection. *World J Surg Oncol.* 2020;18(1):247.
- 52 Dong Q, Gu G, Wang L, et al. Application of modified adjustable skin stretching and secure wound-closure system in repairing of skin and soft tissue defect. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2017;31(12):1481-1484.
- 53 Harvey RJ, Litwak P, Ribich W, Dbowik J. Wound closing device. US Patent No. 4430998; 1984.
- 54 Zhu Y, Pan S, Xu Y, et al. The efficacy of modified Ilizarov distraction-tension device on limb wound difficult to cover with skin flaps. *Orthop Surg.* 2024;16(9):2221-2229.
- 55 Пятаков СН, Порханов ВА, Завражнов АА, и др. Оценка клинической эффективности применения метода дозированного тканевого растяжения в лечении дефектов кожи и тканей в области брюшной стенки. *ТМБВ.* 2018;2. Pyatakov SN, Porkhanov VA, Zavrazhnov AA, et al. Evaluation of the clinical efficacy of the dosed tissue stretching method in the treatment of skin and tissue defects in the abdominal wall area. *TMBV.* 2018;2. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-klinicheskoy-effektivnosti-primeneniya-metoda-dozirovannogo-tkanevogo-rastyazheniya-v-lechenii-defektov-kozhi-i-tkaney-v>
- 56 Алексеев АА, Бобровников АЭ, Малютина НБ, Авагимян АГ. Опыт клинического применения повязок URGO. *Комбустиология.* 2009;39. Alekseev AA, Bobrovnikov AE, Malyutina NB, Avagimyan AG. Experience of clinical use of URGO dressings. *Combustiology.* 2009;39. (In Russ.)
- 57 Risnes I, Abdelnoor M, Lundblad R, et al. Leg wound closure after saphenous vein harvesting in patients undergoing coronary artery bypass grafting: a prospective randomized study comparing intracutaneous, transcutaneous and zipper techniques. *Scand Cardiovasc J.* 2002;36(6):378-382.
- 58 Wang L, Wang C, Chen H, et al. Application of noninvasive skin-stretching device in wound healing of diabetic foot. *Chin J Diabetes Mellitus.* 2018;10:729-734.
- 59 Kerrigan CL, Homa K. Evaluation of a new wound closure device for linear surgical incisions: 3M Steri-Strip S surgical skin closure versus subcuticular closure. *Plast Reconstr Surg.* 2010;125(1):186-194.
- 60 Doumit J, Vale R, Kanigsberg N. Dynaclose tape: a practical alternative to punch biopsy site closure. *J Cutan Med Surg.* 2013;17(1):62-65.
- 61 Измайлова СГ, Рябков МГ, Леонтьев АЕ, и др. Применение адаптационных инструментов в хирургии релапаротомных ран. *Казанский медицинский журнал.* 2019;2:351-357. Izmailov SG, Ryabkov MG, Leontyev AE, et al. Use of adaptive instruments in surgery of relaparotomy wounds. *Kazan Medical Journal.* 2019;2:351-357. (In Russ.)
- 62 Izmaylov SG, Rotkov AI, Beschastnov VV, et al. Mathematical justification of the wound suturing by wound contractors of new generation. In: *Phys Technol Proc (CPT2020) Conf Proc 8th Int Sci Conf Comput.* 2020:232-238.
- 63 Измайлова СГ, Бесчастнов ВВ, Гараев ВН, и др. Новые направления в хирургических технологиях лечения ран мягких тканей. *Вестник Российской Академии медицинских наук.* 2005;10:25-30. Izmailov SG, Beschastnov VV, Garaev VN, et al. New directions in surgical technologies for the treatment of soft tissue wounds. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2005;10:25-30. (In Russ.)
- 64 Бесчастнов ВВ, Орлинская НЮ, Кудыкин МН. Экспериментальная и клиническая оценка возможности дозированной дермотензии в условиях инфицированной раны мягких тканей. *Российский медицинский журнал.* 2012;3:32-34. Beschastnov VV, Orlinskaya NYu, Kudykin MN. Experimental and clinical evaluation of the possibility of dosed dermatension in conditions of an infected soft tissue wound. *Russian Medical Journal.* 2012;3:32-34. (In Russ.)
- 65 Virág TH, Muntean MV, Mihály AZ, Georgescu AV. Experimental investigation of tension-reducing effectiveness of keystone perforator island flap. *Med Pharm Rep.* 2024;97(2):196-204.
- 66 Scheepens KMJ, Marsidi N, Genders RE, Horemans-Franse T. The compressiometer: Toward a new skin tensiometer for research and surgical planning. *IEEE J Transl Eng Health Med.* 2021;10:2500109.
- 67 Lackmann F, Rohwedder T, Maron A, et al. Quantification of skin wound tension using a newly designed wound tensiometer. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere.* 2023;51(6):386-393.

Авторская справка**Кабанов Максим Юрьевич**

Д-р мед. наук, начальник, Госпиталь для ветеранов войн; профессор кафедры общей хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова.

ORCID 0000-0002-9901-8520; makskabanov@gmail.ru

Вклад автора: концепция и дизайн исследования.

Глушков Николай Иванович

Д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова.

ORCID 0000-0001-8146-4728; nikolay.glushkov@szgmu.ru

Вклад автора: концепция и дизайн исследования.

Мирошниченко Вячеслав Олегович

Врач-хирург отделения гнойной хирургии, Госпиталь для ветеранов войн.
Miroshnichenko_j@mail.ru

Вклад автора: анализ литературных данных, редактирование текста, оформление статьи.

Горшенин Тимофей Леонидович

Д-р мед. наук, заместитель начальника госпиталя по хирургии, Госпиталь для ветеранов войн; доцент кафедры общей хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова.

ORCID 0009-0000-0079-4849; tgorshenin@mail.ru

Вклад автора: анализ литературных данных, редактирование текста, оформление статьи.

Биниенко Михаил Анатольевич

Канд. мед. наук, заведующий отделением гнойной хирургии № 6, Госпиталь для ветеранов войн.

ORCID 0000-0002-8226-3757; Binienkom@mail.ru

Вклад автора: анализ литературных данных, написание текста.

Измайлов Сергей Геннадьевич

Д-р мед. наук, профессор, профессор-консультант, Городская клиническая больница № 7 им. Е.Л. Березова.

ORCID 0000-0001-7998-9277; izi28082009@yandex.ru

Вклад автора: анализ литературных данных, редактирование текста, оформление статьи.

Богданов Сергей Николаевич

Канд. мед. наук, врач-хирург, Городская клиническая больница № 7 им. Е.Л. Березова.

ORCID 0009-0005-8676-9930; SBogdanov2007@yandex.ru

Вклад автора: анализ литературных данных, написание текста.

Author's reference**Maksim Yu. Kabanov**

Dr. Sci. (Med.), Head of the Hospital for War Veterans; Professor, Department of General Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov.

ORCID 0000-0002-9901-8520; makskabanov@gmail.ru

Author's contribution: study concept and design.

Nikolay I. Glushkov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov.

ORCID 0000-0001-8146-4728; nikolay.glushkov@szgmu.ru

Author's contribution: study concept and design.

Vyacheslav O. Miroshnichenko

Surgeon, Purulent Surgery Department, Veterans' Hospital.

Miroshnichenko_j@mail.ru

Author's contribution: analysis of literary data, text editing, article design.

Timofey L. Gorshenin

Dr. Sci. (Med.), Deputy Head of the Hospital for Surgery, Veterans' Hospital; Associate Professor, Department of General Surgery, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University.

ORCID 0009-0000-0079-4849; tgorshenin@mail.ru

Author's contribution: analysis of literary data, text editing, article design.

Mikhail A. Binienko

Cand. Sci. (Med.), Head of Purulent Surgery Department No. 6, Veterans' Hospital.

ORCID 0000-0002-8226-3757; Binienkom@mail.ru

Author's contribution: literature review, writing.

Sergey G. Izmaylov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Consulting Professor, City Clinical Hospital No. 7 named after E.L. Berezov.

ORCID 0000-0001-7998-9277; izi28082009@yandex.ru

Author's contribution: analysis of literary data, text editing, article design.

Sergey N. Bogdanov

Cand. Sci. (Med.), Surgeon, City Clinical Hospital No. 7 named after E.L. Berezov.

ORCID 0009-0005-8676-9930; SBogdanov2007@yandex.ru

Author's contribution: literature review, writing.