

Идентификация ангиоархитектоники кожи и мягких тканей у пациентов при планировании реконструктивных операций на нижних конечностях

Н.А. Чередниченко, П.А. Бадюл,
С.В. Слесаренко, Ф.И. Куликова

Днепропетровский центр термической травмы и пластической хирургии
Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины
Днепропетровский медицинский институт
традиционной и нетрадиционной
медицины
КУ «Днепропетровская областная
клиническая больница им. И.И.Мечникова»

Актуальность темы. Микрохирургическая аутотрансплантация васкуляризированных перфорантных лоскутов является одной из широко распространенных и востребованных технологий реконструкции дефектов мягких тканей различной локализации и этиологии [2, 9, 18, 19, 22, 24, 30]. Экстремальная каверзность этой области хирургии: при уникальном топографо-анатомическом полиморфизме дефектов мягких тканей разного этиопатогенеза неизбежная необходимость подбора конгруэнтных по размерам и форме лоскутов, глубине, функциональным и косметическим особенностям дефектов тканей [18, 19, 22, 24, 30].

Для каждого дефекта со своим этиопатогенезом необходимо, основываясь на взаиморасположении донорской ткани (и качестве её ангиоархитектоники) и дефекта, спланировать свой адекватный лоскут, варианты его поворота, растяжения и перемещения для закрытия дефекта. При этом следует избежать осложнений, вызываемых неправильными расчетами, и добиться клинически, функционально и эстетически благоприятного закрытия дефекта кожи и мягких тканей с минимальными функциональными и косметическими потерями для пациента [2, 9, 18, 22, 30].

Успех прецизионной операции и отдаленные результаты лечения значительно зависят от ангиоархитектоники лоскута, протяженностью его мобилизации, уровнем расположения точки ротации сосудистой ножки и вариантом ее размещения, а также этиопатогенетическими особенностями происхождения дефектов тканей [31, 34, 38]. Однако эти операции всё ещё имеют высокий уровень осложнений и неудовлетворительных результатов лечения из-за нарушений микроциркуляции и потере

части или целого лоскута, что обусловлено вариабельностью кровоснабжения покровных и мягких тканей со значительным полиморфизмом архитектоники ангиосом [29, 32]. Даже анатомически выгодное выделение лоскута не гарантирует в послеоперационном периоде отсутствие краевого некроза. Частота частичных и полных некрозов кожно-фасциальных лоскутов на нижних конечностях по обобщённым данным различных исследователей лежит в интервале от 12% до 38%, а в среднем составляет около 25% [18]. Некрозы лоскутов приводят к уменьшению их длины, частичной или полной потере пластического материала, инфекционным осложнениям, функциональным и косметическим дефектам, увеличению продолжительности и стоимости лечения, являются одной из нерешенных проблем пластической хирургии.

Максимальное количество таких реконструктивных операций выполняется по поводу удаления злокачественных опухолей кожи и мягких тканей (примерно более чем в половине случаев опухоль локализуется на нижних конечностях, например, по данным докторской диссертации 2015 г. [6] – 66,5 %), что неизбежно связано с возникновением дефекта и проблемой его закрытия, **на 2-м месте по частоте – ожоги, и, в частности, боевая ожоговая травма нижних конечностей** [5, 23, 27], **на 3-м – боевые ранения и, в частности, минно-взрывная травма нижних конечностей** [4, 7, 12, 25]. Частота повреждения нижних конечностей в мирное время составляет от 2,1 до 9,5 % в структуре всех травм, во время военных конфликтов – от 47 до 70 % [24].

Основа планирования операций по пластике дефектов мягких тканей кожно-фасциальными васкуляризованными лоскутами – предо-

перационная визуализация донорской ткани, идентификация её ангиоархитектоники. Ангиоархитектоника нижних конечностей может быть визуализирована при ультразвуковой ангиографии (УЗА), рентгеноконтрастной ангиографии (РКА), мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) и магнитно-резонансной ангиографии (МРА). Все технологии визуализации имеют свои недостатки и ограничения (инвазивность при РКА, низкая информативность и трудоемкость оценки состояния артерий нижних конечностей при УЗА, длительность исследования при МРА).

Использование при обследовании больных принципиально новых технологий медицинской визуализации для адекватного формирования перфорантных лоскутов, выбора их оптимальных персонифицированных размеров для пластических операций позволит уменьшить количество технических осложнений и улучшить результаты лечения больных. Поэтому изучение этой сложной и важной в научном и практическом аспектах проблемы чрезвычайно актуально.

Цель обзора – на основе первоисточников верифицированного и апробированного концентрированного научно-медицинского знания презентовать достигнутый уровень информативности предоперационной и послеоперационной визуализации и идентификации донорской ткани, её ангиоархитектоники.

Терминология. Для обеспечения взаимосодействия текста и читателя поясним существенные дефиниции. **Конгруэнтность** – лат. *congruens*, род. п. *congruentis* — «соразмерный», «соответствующий».

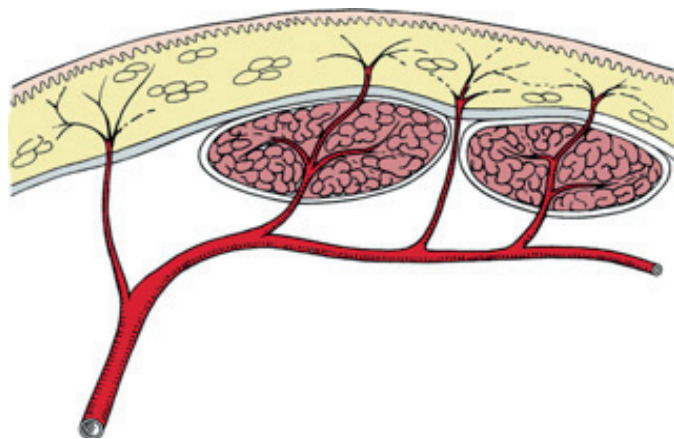


Рис. 1. Перфорантная артерия, схема ангиосом.

Термин «пластика» обобщает название хирургических методов восстановления формы и (или) функции отдельных частей тела путем перемещения, трансплантации и имплантации замещающих их биологических тканей. Термин «реконструкция», с одной стороны, является синонимом термина **пластика**, с другой – он может быть определен как изменение взаимоотношений анатомических структур сегмента для восстановления его нормальной функции и формы, утраченных в результате заболевания.

Концепция ангиосом

Уже к 1961 г. стало ясно, что единственное ограничение в развитии хирургической техники связано с анатомическими особенностями области, в частности, с особенностями кровоснабжения [38]. Фактически, реконструктивная и эстетическая хирургия ограничена только сосудистой анатомией. Так, практически в любой области, можно выделить лоскут и выполнить дистантную или ротационную пластику, необходимо, однако знать сосудистую анатомию донорской области [34, 40].

Ангиосома – анатомическая единица ткани, кровоснабжаемая одной артерией. Каждая анатомическая единица той или иной ткани (кожа, подкожная клетчатка, фасции, мышцы и кости), или ангиосома, кровоснабжается в пределах одной артерии. Всего в человеческом организме по одной из версий насчитывается 40 ангиосом [16, 17].

По более радикальной дефиниции, ангиосома – анатомическая трёхмерная единица ткани с устойчивым кровоснабжением от перфорантной артерии (рис. 1, 2) [26]. Согласно концепции «ангиосома» необходимо восстанавливать не ту

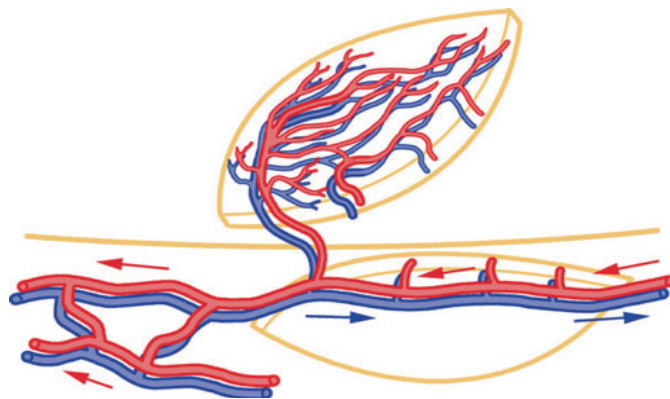


Рис. 2. Кровоснабжение перфорантного лоскута: Красные стрелки указывают движение артериальной крови; синие – движение венозной крови.

артерию, которая кажется самой пригодной для реваскуляризации, а ту, которая осуществляет кровоснабжение зоны ишемии [34, 37].

Терминология перфораторов (по консенсусу «Гента»). **Перфоратор** - это лоскут, состоящий из кожи и / или подкожного жира. Сосуды, которые снабжают кровью лоскут, представляют собой изолированный перфоратор (ы). Эти перфораторы могут проходить либо через глубокие ткани (в основном мышцы), либо между ними. **Перфоратор мышц** - это кровеносный сосуд, который проходит через мышцы для снабжения вышележащей кожи. **Септальный перфоратор** - это кровеносный сосуд, который проходит только через перегородку, чтобы снабжать вышележащую кожу. Лоскут, который васкуляризует мышечный перфоратор, называется **лоскутом перфорации мускула**. Плоскоклеточный сосуд с перегородкой называется **перфораторной перегородкой перегородки**. **Перфоратор должен быть обозначен по наименованию питающей артерии или сосудов, а не по наименованию мышцы**. Если есть возможность собрать несколько перфораторных лоскутов из одного сосуда, название каждого лоскута должно быть основано на его анатомической области или мышце.

Перфорантные сосуды, являясь полноценной анатомической единицей кровоснабжения мягких тканей нижних конечностей, участвуют в образовании собственного ангиосома и могут быть использованы в качестве свободного или несвободного лоскута для укрытия дефектов мягких тканей [37]. Созданы ангиосомные карты человеческого тела», где подробно описывается уровень перфузии. Так, например, на основе концепции ангиосома у 46 человек без патологии сердечно-сосудистой системы (средний возраст – 32 года) изучена микроциркуляция кожных покровов при помощи лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [26]. ЛДФ базируется на определении перфузии ткани кровью путём измерения доплеровского сдвига частот, возникающего при зондировании ткани лазерным излучением (гелий-неоновым, $\lambda=632,8$ нм), с последующей регистрацией отражённого от подвижных и неподвижных компонентов ткани излучения. ЛДФ-грамма представляет собой суперпозицию множества колебательных ритмов сердечно-сосудистой системы с разной частотой и амплитудой. Технология обеспечивает бесконтактное измерение перфузии тканей на площади в 100 см^2 с толщиной зондируемого слоя до 2 мм в режиме реального времени. Количественные

показатели кожной перфузии отображались в виде относительных перфузионных единиц, соответствующих количеству эритроцитов, их линейной скорости и направленности вектора движения в объеме пространства. На нижней конечности идентифицированы: ангиосома ягодичных артерий; передней и задней областей бедра в верхней, средней и нижних третях соответственно; запирающей артерии в двух точках; передней большеберцовой артерии в верхней, средней и нижних третях; ангиосома задней большеберцовой и малоберцовой артерий в средней трети голени и в области лодыжек (рис. 3).

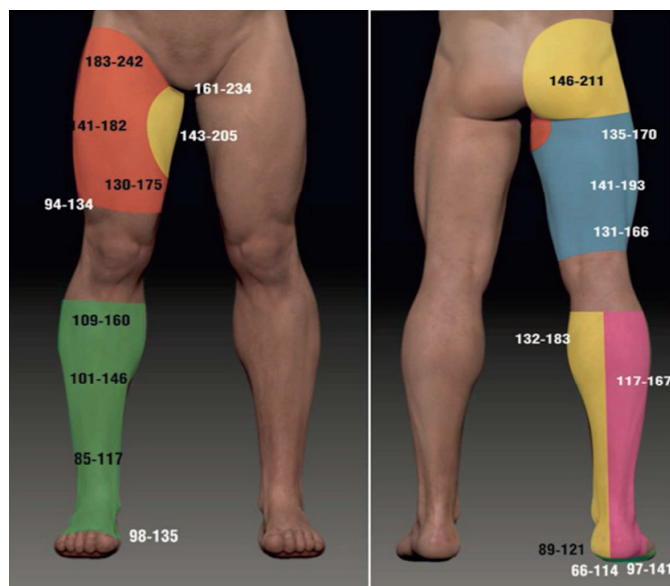


Рис. 3. Микроциркуляция кожи ангиосом нижних конечностей [17].

В рамках концепции для восстановления утраченного кожного покрова и реваскуляризации поврежденных глубоких анатомических структур (дефект мягких тканей после удаления опухоли, ожога, минно-взрывной травмы) можно реализовать 3 вида реваскуляризации на нижних конечностях: **прямая реваскуляризация** – восстановление кровотока по артерии, питающей поврежденную ангиосому; **непрямая реваскуляризация** – восстановление кровотока по артерии, питающей несвязанную ангиосому; **непрямая реваскуляризация через коллатерали** – восстановление кровотока по артерии, питающей поврежденную ангиосому через коллатерали (например, подошвенная дуга или ветви малоберцовой артерии).

Топография ангиосом и перфорантных сосудов на нижних конечностях отличается значительной вариабельностью, не менее 72 % (!)

имеют непостоянное анатомическое расположение [16, 17, 26].

Актуальность изучения показателей микроциркуляции у пациентов с обширными ранами и дефектами покровных тканей, перенесших пластические операции, определяется тем, что общепринятые в клинической практике методы (визуальный контроль, термометрия, лабораторные показатели) хотя и отражают ишемические изменения пересаженных или перемещенных лоскутов, но могут свидетельствовать лишь о далеко зашедшей тканевой гипоксии, «когда легко диагностировать, но уже поздно лечить» [11]. Необходимость применения физиологических исследований определяется еще и тем, что методы объективизации состояния больного важны и с профессиональной, и с экономической, и с административно-юридической точки зрения. Клинико-метрические исследования – группа методов, позволяющих косвенным образом количественно оценить кровотоки в коже: термометрия и термография; хромометрия (исследования цвета); волюмометрия (измерение объема конечностей); радиоизотопный метод; флюоресцентная микроангиография; окклюзионная плетизмография; введение меченых микросфер. Эти методы имеют существенные недостатки из-за низкой чувствительности и невозможности различать кровотоки, отвечающий за терморегуляцию, газообмен и метаболизм. Функциональные методы, позволяющие судить о кровотоке и газообмене на уровне микроциркуляторного русла: транскутанное определение парциального напряжения кислорода в тканях; ЛДФ [11].

Проблема для технологий медицинской визуализации – идентификация ангиоархитектоники конгруэнтных перфорантных сосудов и функциональных показателей перфузии для определения тактики реканализации пораженного бассейна до оперативного вмешательства, что увеличивает эффективность реваскуляризации.

Дуплексное ультразвуковое исследование [37]: возможность определения диаметра и кровотока перфоранта. Недостатки: технология операторозависима и не экономична, портативность и комфортность аппаратуры для операционной; но возможна ложноположительная локализация перфорантов, если аксиальные сосуды залегают поверхностно, низкая специфичность и высокая чувствительность приводит к выделению перфорантов, не способных обеспечить трофику лоскуту плани-

руемого размера и формы; невозможность выявления направления хода сосуда в глубинных слоях тканей.

МСКТ [29]. Достоинства: быстрая и точная идентификация перфоранта, что минимизирует риск повреждения сосудистой ножки и сокращает время оперативного вмешательства; прямая положительная корреляция предоперационного анализа лоскута и сокращением продолжительности вмешательства и выживаемости питающего ножки и перфорантных лоскутов; сокращение времени выделения лоскута и снижение частоты послеоперационных осложнений; возможность идентификации перфорантов различных участков тела и локализации их в мягких тканях и в супрафасциальном пространстве; информативность исследования для проектирования лоскутов практически любой конфигурации на перфорантах любой локализации.

Локализация центральных перфорантов магистральных артериальных бассейнов нижней конечности отличается значительной вариабельностью, что затрудняет поиск по анатомическим ориентирам [37].

Несмотря на многочисленность проведенных анатомических исследований перфорантных сосудов нижней конечности с применением различных методик, таких как **ангиография, диссекция, диссекция с предыдущей инъекцией латекса, а также технику срезов**, сохраняются противоречия относительно их локализации и диаметра. Также следует заметить, что присутствует несоответствие анатомических ориентиров, что приводит к сложности сравнения результатов отдельных исследований. Вышеуказанное свидетельствует о чрезвычайной сложности и ненадежности поиска перфорантных сосудов, опираясь исключительно на анатомические ориентиры.

Компьютерная томографическая ангиография [29]. Достоинства: клинически привлекательное сочетание преимуществ контрастной рентгенографии и классической анатомической диссекции; высокая корреляция данных предоперационной КТ-визуализации участка планируемого лоскута с интраоперационными находками и сокращением времени вмешательства.

Ряд перфорантов, относящихся к бассейну задней большеберцовой артерии, обладают мощной сетью анастомозов с сосудами бассейна передней большеберцовой и малоберцовой

артерий, точная идентификация которых позволяет увеличивать размеры и менять ангиоархитектонику лоскута, выделенного на одном перфоранте. В то же время, перфоранты бассейна малоберцовой артерии считаются наиболее сложными для диссекции относительно основной сосуда, а локация перфорантных кластеров часто представляет трудности, снижает клиническое применение данных лоскутов без применения надежных методов визуализации [37]. Этот факт увеличивает значимость предоперационной визуализации для выбора дизайна и повышение выживаемости лоскута, планируемого в данной зоне.

Пластическая хирургия

В работе [24] использованы клинический, рентгенологический, термографический, доплерографический, ангиографический методы исследования васкуляризации и приживления лоскутов. При помощи ангиографии изучена ангиоархитектоника различных по площади, толщине и составу лоскутов.

Предоперационное обследование больных с использованием КТ-ангиографии позволила уменьшить количество критических осложнений с 44,8 % до 16 %, и, соответственно, количество повторных хирургических вмешательств у пациентов, а также частоту не критических осложнений с 68,9 % до 36 % и сократить сроки лечения в стационаре на 41 % (с 39,4 суток по 23 суток) [22].

Приживление кожного трансплантата контролировали **энергетической доплерографией**. Отмечено, что через 1 неделю после операции над трансплантатом скапливается умеренное количество серозной жидкости. Достоверных признаков васкуляризации кожного трансплантата в эти сроки выявлено не было. К 2 неделям в каждом трансплантате появляется низкоскоростной кровоток, характеризующийся гетерогенностью расположения сосудов в каждом лоскуте, что свидетельствует о васкуляризации кожного трансплантата сосудами, растающими из подлежащей фасции. К 3 неделям усиливается васкуляризация префабрицированного лоскута: при дуплексном доплеровском сканировании появляются более высокоскоростные потоки крови в каждом трансплантате и в фасции.

Второй этап оперативного лечения выполняли через 3 недели после этапа префабрикации (предварительной подготовки комплексов тканей), когда **энергетической доплерогра-**

фией подтверждалась васкуляризация кожного трансплантата за счёт подлежащей фасции. Отдалённые результаты лечения изучали у пациентов в сроки от 6 месяцев до 2,5 лет. При их оценке учитывали внешний вид лоскута и конечности в целом, соответствие его окружающим тканям, функцию конечности, а также косметический дефект в донорской зоне. Учитывали и изменение качества жизни пациента, его трудоспособность после проведённого лечения. С помощью **компьютерной термографии** объективно оценивали кровоснабжение лоскута и конечности в целом. Если до операции в зоне дефектов мягких тканей определялось снижение уровня температуры на 1,0-1,5°C по сравнению с окружающими здоровыми тканями и на противоположной конечности выявлялась отчётливая гипотермия в симметричных зонах (что свидетельствует об активизации симпатического вазомоторного рефлекса), то в отдалённые сроки (после 6 месяцев) после пересадки трансплантата в его проекции отмечалась тенденция к нормализации термотопографии. При хорошем приживлении отмечалась равномерная гипертермия на поражённой конечности, что свидетельствует об активной неоваскуляризации. На противоположной конечности выявлялась нормотермическая картина по сравнению с дооперационными данными, нормализация симпатического вазомоторного рефлекса. На термотопографию влияла толщина трансплантата: так после пересадки больших по толщине мышечных и кожно-мышечных лоскутов выраженность гипертермии уменьшалась по сравнению с использованием фасциальных лоскутов.

Злокачественные опухоли мягких тканей нижних конечностей

Анализ основных тенденций развития онкологии убедительно показывает доминирующую потребность в использовании технологий пластической хирургии в общей алгоритме лечения больных со злокачественными опухолями мягких тканей. В частности, хирургический метод развивается по пути реконструктивно-пластического устранения анатомо-функционального дефекта, возникшего при противоопухолевом лечении [3].

Отсутствуют разногласия в аспекте целесообразности восстановления тканей после удаления злокачественных опухолей кожи, мягких тканей и других новообразований наружных локализаций, когда невозможно закрыть послео-

перационную рану без использования дополнительного пластического материала. Гипотеза о повышенной чувствительности кожного трансплантата к поражению опухолевым процессом и о том, что пластическое замещение раневого дефекта после удаления опухоли способствует развитию местных рецидивов, клинически не подтвердилась [21, 28]. Более того, отказ от восстановления тканей ведет к сужению границ иссечения опухоли, что является одной из основных причин увеличения частоты локальных рецидивов. Исследователи [21, 30] доказали, что подобные операции заметно улучшают результаты хирургического лечения больных с далеко зашедшими и рецидивными опухолями кожи. Отмечено, что наиболее рациональна именно одномоментная с удалением опухоли пластика, которая обеспечивает быстрое заживление раны, сокращает длительность послеоперационного периода, предупреждает развитие уродующих рубцов и контрактур. Использование многоэтапных и отсроченных пластических операций неоправданно, требует длительного времени и задерживает выполнение других этапов противоопухолевого лечения.

Основными критериями оценки эффективности использования пластических операций в лечении злокачественных опухолей кожи и отдаленных лучевых осложнений являлись результаты безрецидивной выживаемости [3].

В исследовании [14] изучен способ пластического закрытия послеоперационного дефекта в хирургическом лечении злокачественных опухолей кожи скользящими кожно-фасциальными лоскутами на перфорантных сосудах, что создает дополнительную мобильность скользящего лоскута, способствующий более легкому закрытию дефекта мягких тканей и надежному заживлению раны после радикального иссечения опухоли. Этот способ пластики повышает радикальность хирургического лечения злокачественных новообразований кожи конечностей за счет возможности более широкого иссечения тканей, чем при традиционных подходах, и позволяет увеличить трехлетний безрецидивный период с 93,5 % – в контрольной группе, до 100% – в основной. Разработан способ доплерографии и доплерометрии перфорантных сосудов зоны интереса для предоперационной маркировки выявленных сосудов на коже. Перемещение лоскутов на перфорантных сосудах не приводило к нарушениям кровотока в них: до операции

средняя скорость артериального кровотока – $13,1 \pm 4,7$ см/с, после операции – $12,8 \pm 5,4$ см/с ($p > 0,05$). Максимальная венозная скорость до операции в среднем составила $7,0 \pm 1,3$ см/с, после операции – $6,2 \pm 0,8$ см/с ($p > 0,05$). По мнению [14] для корректного планирования операции необходимо использовать именно ультразвуковые методы исследования. По данным [3] частота послеоперационных осложнений после одномоментного удаления опухоли и реконструкции дефекта составила 20,2 %, после отсроченной пластики – 33,9 %, что указывает на целесообразность выполнения одномоментных пластических операций у онкологических больных.

Учитывая непостоянство сосудистой анатомии конечностей в каждом случае, непосредственно перед операцией выполнялось комплексное УЗИ линейным датчиком в режимах цветового и энергетического картирования предполагаемых донорских областей. При визуализации перфоранта, определялся тип сосуда (артериальный, венозный), размеры, производилась оценка характеристик. При цветном и энергетическом доплерографическом картировании изучались качественные и количественные параметры гемодинамики планируемой донорской зоны (размеры, количество и тип сосудов). При этом применялась методика мультилокусной доплерометрии, то есть параметры максимальных артериальных (максимальная артериальная скорость – МАС) и венозных потоков (максимальная венозная скорость – МВС) в различных сегментах. Выбирали сосуды диаметром не менее 1,0 мм. Внутренний диаметр перфорантных сосудов составлял от 1,0 до 2,2 мм и в среднем составил $1,4 \pm 0,2$ мм. Линейная скорость кровотока варьировала от 5 до 23 см/сек (в среднем – $11 \pm 5,4$ см/сек), а индекс резистентности в среднем составил $0,8 \pm 0,1$, варьировал от 0,7 до 1,0 [3].

Для интраоперационной оценки степени нарушения гемомикроциркуляции лоскута большой ягодичной мышцы использовали ЛДФ [13]. ЛДФ является информативным методом исследования кровотока трансплантата из большой ягодичной мышцы. Исследование показало, что при формировании лоскута имеет место значимое снижение капиллярного кровотока. Однако, нарушение кровоснабжения трансплантата не является критичным для его адаптации вследствие включения компенсаторных функций в виде преобладания актив-

ных механизмов регуляции в модуляции микроциркуляции мышечного лоскута.

Комбустиология

Ожог — повреждение тканей организма, вызванное действием высокой температуры или действием некоторых химических веществ (щелочей, кислот, солей тяжёлых металлов и других). Различают 4 степени ожога: покраснение кожи, образование пузырей, омертвление всей толщи кожи, обугливание тканей. Тяжесть ожога определяется величиной площади и глубиной повреждения тканей. **Ожоговая травма** — это комплексная реакция организма на полученное повреждение, а не только местное повреждение тканей в области действия поражающего агента. Последствия ожоговой травмы можно разделить на 3 группы: ожоговая болезнь, синдром эндогенной интоксикации и ожоговая инфекция с ожоговым сепсисом [8].

Все хирургические вмешательства при ожоговом поражении делятся на три группы [2, 5, 8]: **декомпрессионные операции** (некротомия) при глубоких циркулярных ожогах на конечностях, туловище, которые способны привести к развитию субфасциального отёка; **некрэктомия** (иссечение струпа, а также и ампутация) показана для очищения раны при наличии некротических тканей или устранения некротизированного участка конечности; **пластика** — при наличии ожогов 3-й степени и служит для компенсации косметического дефекта.

По образному выражению [20] **пострадавший от тяжёлого ожога продолжает гореть даже тогда, когда причины, вызвавшей ожог уже не существует**: установлено не только сохранение гипертермии обожжённой кожи выше пороговой температуры $+45^{\circ}\text{C}$, но и дальнейшее прогревание и повреждение глубжележащих слоёв после прекращения действия термического фактора. Именно поэтому информативно использование дистанционной инфракрасной термографии [20].

В комбустиологии с 1983 г. применяется ЛДФ для диагностики глубины поражения кожи. Точность определения глубины ожога при использовании ЛДФ достигает 98 % [31, 32, 35]. ЛДФ используется для выполнения следующих задач: диагностики глубины поражения при дермальных ожогах; контроля за состоянием микроциркуляции в неповрежденной коже в периоде ожогового шока; оценки состояния кровообращения в сложных лоскутах при выполнении несвободной кожной пластики.

По мнению [16], критериями глубины ожогов являются следующие показатели ЛДФ, полученные при исследовании дна ожоговой раны и выраженные в относительных перфузионных единицах (пф. ед.): для ожогов IV степени — 0 пф. ед., для ожогов III Б степени — $1,53 \pm 0,65$ пф. ед., для ожогов III А степени — $4,14 \pm 1,83$ пф. ед., для ожогов II степени — $8,3 \pm 2,4$ пф. ед. (использована 4-степенная классификация).

Дискутабельным является вопрос о значении показателя микроциркуляции при ожоге III степени, когда предполагается гибель всех слоев кожи, в том числе кровеносных сосудов. ЛДФ помогает проводить мониторинг состояния пациентов с термической травмой, моделировать и прогнозировать патологические процессы на уровне микроциркуляции у пострадавших с клиникой ожоговой болезни. Применение ЛДФ в идентификации ожогов обеспечивает точность диагностики по соответствующим дням после травмы: 0,1, 3,5 и 8 сутки, составляет в процентном соотношении 54 %, 79,5 %, 95 %, 97 % и 100 %, в то время как клиническая точность оценки глубины поражения была: 40,6 %, 61,5 %, 52,5 %, 71,4 % и 100 % в те же сроки [16]. Очевидно, что точность ЛДФ диагностики значительно выше, чем клиническая оценка, особенно на 3-и и 5-е сутки после ожога.

Впервые предложено использование показателей микроциркуляции, получаемых с помощью ЛДФ, для определения готовности ран к аутотрансплантации и прогнозирования результатов приживления свободных аутотрансплантатов у пациентов с ожоговой травмой [27]. Известен первый отечественный опыт (26 пострадавших) использования МРТ (1,5 Тл) для диагностики изменений тканей после глубоких ожогов [10]. Определение зоны коагуляционного некроза проводили повреждения в следующей последовательности: оценка диффузионно-взвешенных изображений, перфузионных изображений и отсроченного накопления парамагнитных контрастных веществ (гадовист в дозе $0,3 \pm 0,05$ мл / кг (1,0 моль) вводили со скоростью $3 \pm 0,5$ мл / сек под динамическим визуальным контролем характера сосудистых нарушений, а отсроченный контроль накопления парамагнитных контрастных веществ в зоне некроза проводили на 15 ± 3 минуте после введения), дополнительно определяли зоны паранекроза с разграничением в них участков обратимых и необратимых

сосудистых нарушений путем сравнения интенсивности на T1 и T2 взвешенных изображениях.

При КТ-исследовании предложено определять величину зоны поражения при ожогах IV степени с помощью программы «Volume», которая позволяет максимально точно измерить объем повреждения тканей по заданным денситометрическим показателям (границам плотности) на каждом срезе и области повреждения в целом. Область повреждения характеризуется увеличением диаметра мягких тканей конечности, снижением плотности за счет отека, неоднородностью структуры и потерей нормальной архитектоники (четкой визуализации отдельных мышц, жировой клетчатки, крупных сосудов). Участки некроза в толще мышечной ткани соответствуют гиподенсным зонам с плотностью 12-15 ед. X неправильной формы с неровными контурами, которые в процессе дообследования с внутривенным усилением не накапливают рентгеноконтрастное вещество из-за дефицита или отсутствия перфузии [8]. Главная задача раннего хирургического лечения ожогов - обеспечение своевременного и полноценного восстановления кожного покрова у пострадавших. Этому препятствуют анатомический дефицит у здорового человека поверхностей, которые можно использовать в качестве донорских (такие составляют 30-32 % поверхности тела), уменьшение донорских ресурсов кожи из-за ожогов, раннее начало и высокий темп аутодермопластика, осложнения и углубления поверхностных ожогов и донорских ран, которые являются составными частями формирования и роста дефицита донорских ресурсов кожи при реализации раннего хирургического лечения [8]. Пластическое восстановление утраченного кожного покрова при тяжелой ожоговой травме достигается в разные сроки, обусловленные выбранной тактикой оперативного лечения: при традиционном лечении - в среднем на $(39,96 \pm 0,80)$ сутки, а при раннем хирургическом лечении в среднем на $(30,02 \pm 1,40)$ сутки, что сокращает этот срок в среднем на 9,94 суток [5].

Минно-взрывная травма

Минно-взрывная травма (МВТ) объединяет **минно-взрывные ранения (МВР)** возникают преимущественно в результате контактного механизма подрыва у неэранированного личного состава (68 % случаев) и **минно-взрывные повреждения (МВП)**, характе-

ризующиеся опосредованным (неконтактным) механизмом воздействия факторов взрыва обычно на защищенный личный состав (32 %) пострадавших [12].

В патогенезе МВТ выделяют **зону бризантного дробящего действия** (соизмерима с геометрическими размерами боеприпаса, проксимальная граница зоны – линия перелома костей): полная дезинтеграция тканей с образованием абсолютного дефекта конечности, расщепление относительно прочных структур (костей, сухожилий, кожи, сосудисто-нервных пучков); **зону фугасного (ударно-волнового) действия:** очаговые и сливные кровоизлияния, расположенные вдоль основных сосудисто-нервных пучков, первичных и вторичных артериальных и венозных ветвей, с преимущественной гемоинfiltrацией мышц, фиксированных к костям и примыкающих к пораженным сосудистым фасциальным щелям.

Хирургическое лечение раненых с комбинированными термомеханическими повреждениями определяется ведущим повреждением. В первую очередь выполняются хирургические вмешательства по поводу МВП, во вторую очередь производится обработка ожоговых ран. При ожогах кожи и переломах костей одной области необходимо выполнять внеочаговый остеосинтез. При повреждении сосудов обожженной конечности операцией выбора является первичный сосудистый шов [7].

При применении тактики «damage control» на этапе квалифицированной медицинской помощи в военных медицинских учреждениях и при предоставлении вторичной медицинской помощи в гражданских лечебных учреждениях раненым и пострадавшим выполняется минимальный объем оперативного вмешательства.

Основной метод исследования – рентгенография [12]: при МВТ нижних конечностей выполнена 83,8 % раненых, в 90,6 % случаев выявлена костная патология, при МВТ верхних конечностей – 82,1 % и 87,1 % соответственно.

Выводы

Повышение эффективности пластических операций с применением васкуляризованных кожно-фасциальных лоскутов однозначно связано с лучевой визуализацией артериального бассейна в донорской зоне планируемого лоскута. Суперпозиция полученных по прин-

ципально различным технологиям визуализации ангиоархитектоники диагностических изображений обеспечивает исчерпывающую информацию.

Литература

1. Бархатов И. В. Применение лазерной доплеровской флоуметрии для оценки нарушений системы микроциркуляции крови человека /И. В. Бархатов// Казанский медицинский журнал. – 2014. – Т. 95, №1. – С. 63-69.
2. Грязін О. Є. Оптимізація раннього хірургічного лікування опікових ран шляхом подолання дефіциту донорських ресурсів шкіряного покриву у важкообпечених: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.01.03 / О. Є. Грязін; Харк. держ. мед. ун-т. — Х., 2006. — 20 с.
3. Дашкова И. Р. Индивидуализация реконструктивно-пластических операций в лечении злокачественных опухолей поверхностных локализаций: автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра мед. наук: спец. 14.00.14 / Дашкова Ирина Рудольфовна; [ФГУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт»]. – Ростов-на-Дону, 2009. – 229 с.
4. Зубарев А. Р. Возможности ультразвуковой диагностики минно-взрывной травмы (описание клинических наблюдений и обзор литературы) /А. Р. Зубарев, С. Н. Дворцовой // Радиология – практика. – 2012. – № 5. – С. 88-101.
5. Казарьян С. М. Организационно-методические особенности раннего хирургического лечения ограниченных глубоких ожогов в условиях чрезвычайных ситуаций : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 05.26.02, 14.00.27 / Казарьян Сергей Мартикович; [Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС РФ]. – СПб., 2009. – 18 с.
6. Карпенко В. Ю. Реконструктивный и реконструктивно-пластический этапы при радикальных операциях в онкологической ортопедии : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра мед. наук : спец. 14.01.12 / Карпенко Вадим Юрьевич; [ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации]. – Обнинск, 2016. – 337 с.
7. Колтович А. П. Тяжелые сочетанные, множественные и комбинированные минно-взрывные ранения (диагностика и хирургическое лечение) : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра мед. наук : спец. 14.01.17 / Колтович Алексей Петрович; [Государственный институт усовершенствования врачей Минобороны РФ]. – М., 2011. - 226 с.
8. Комбустиология: [учебник. для студ. высш. мед. учеб. завед. IV уровня аккредитации] / Э. Я. Фисталь, Г. П. Козинец, Г. Е. Самойленко [и др.]; под ред. Э.Я. Фисталя. – Донецк: Из-во Мс, 2006. – 236 с.
9. Королева А. М. Комплексное лечение больных с травматическими повреждениями конечностей, осложненными воспалительными и некротическими процессами, с обширными дефектами тканей : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра мед. наук : спец. 14.01.17 – хирургия / А. М. Королева. – Барнаул, 2011. – 21 с.
10. Кравцов А. В. Особенности оценки ожогового повреждения методом магниторезонансной томографии / А. В. Кравцов, В. В. Бойко, Ю. И. Козин [и др.] // Клінічна хірургія. – 2017. – № 2. – С. 34-37.
11. Крупаткин А. И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. Руководство для врачей / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – М.: ОАО “Издат. “Медицина”, 2005. – 256 с.
12. Лащенко Г. В. Минно-взрывная травма в условиях вооруженного конфликта (особенности клиники, диагностики, организации лечения) : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.27 / Лащенко Георгий Валентинович. – Ростов-на-Дону, 1999. – 23 с.
13. Лебедев, К. К. Пластика дефектов тазового дна после экстралеваторной брюшно-промежностной экстирпации прямой кишки у больных ректальным раком : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.01.12 / Лебедев Константин Константинович; [НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова]. – Санкт-Петербург, 2015. – 24 с.
14. Ляпичева О. В. Островковые кожно-фасциальные лоскуты на перфорантных сосудах как способ пластики дефекта кожи конечностей у онкологических больных : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.14 / Ляпичева Ольга Викторовна; [ФГУ «Ростовский научно-исследовательский

онкологический институт»]. – Ростов-на-Дону, 2008. – 108 с.

15. Моисеев В. Н. Сравнительная оценка эффективности хирургического и комбинированных методов лечения больных саркомами мягких тканей : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.14 / Моисеев Владимир Николаевич; [ГОУВПО «Башкирский государственный медицинский университет»]. – Уфа, 2005. – 119 с.

16. Морозов М. В. Морфофункциональное состояние микроциркуляции в коже различных топографо-анатомических областей тела человека : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.27 «Хирургия» / М. В. Морозов. – М., 2008. – 27 с.

17. Новиков Ю.В. Новый взгляд на ангиосомную теорию с точки зрения микроциркуляции / Ю.В. Новиков, А.А. Фомин, Д.Р. Першаков // Тромбоз, гемостаз и реология. 2015. – № 2. – С.76-80.

18. Пасичный Д. А. Кожно-фасциальные лоскуты голени с двойным осевым кровоснабжением для восстановления голени и стоп / Д. А. Пасичный // Міжнародний медичний журнал. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 92-96.

19. Платонов С. А. Роль артериальных коллатералей стопы при эндоваскулярном лечении критической ишемии нижних конечностей : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.01.26 / Платонов Сергей Александрович; [Петрозаводский государственный университет]. – Петрозаводск, 2014. – 107 с.

20. Розенфельд Л.Г. Ожоги / Л.Г. Розенфельд, Н. Н. Колотилов // Основы клинической дистанционной термодиагностики. – К.: Здоровья, 1988. – С. 164 – 169.

21. Сигал М. З. Свободная кожная пластика в онкохирургии / М. З. Сигал, Г. Ф. Фатыхова. – Казань: Татарское кн. изд-во, 1981. – 152 с.

22. Слесаренко С. В. Применение локальных лоскутов и техники пропеллера при пластическом восстановлении дефектов покровных тканей / С. В. Слесаренко, П. А. Бадюл // Хірургія України. – 2012. – № 1 (41). – С. 103-111.

23. Страфун С. С. Диагностика компартмент-синдрома у пациентов с ожогами конечностей / С. С. Страфун, Г. П. Козинец, А. В. Ткач // Таврический медико-биол. вестник. – 2012. – № 4. – С. 394-398.

24. Федотов Е. Ю. Кровоснабжаемые фасциальные лоскуты в реконструктивной хирургии

конечностей : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.22 / Федотов Евгений Юрьевич; [ГУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии»]. – М., 2004. – 95 с.

25. Фомин, Н.Ф. Механогенез поврежденных органов и тканей при минно-взрывных отрывах нижних конечностей / Н.Ф. Фомин // Воен.-мед. журн. 1994. – № 5. – С. 12–17.

26. Фомин А.А., Новиков Ю.В., Першаков Д.Р. Микроциркуляция в коже нижних конечностей с учётом ангиосомной теории / А. А. Фомин, Ю. В. Новиков, Д. Р. Першаков // Морфология. – 2014. – № 6. – С.51-54.

27. Юрова Ю. В. Диагностика готовности гранулирующих ожоговых ран к свободной аутодермопластике : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.01.17, 14.03.09 / Юрова Юлия Васильевна; [Воен.-мед. академ. им. С.М. Кирова]. – СПб., 2014. – 18 с.

28. Brouns F. Delay in diagnosis of soft tissue sarcomas / F. Brouns, M. Stas, I. De Wever// Eur. J. Surg. Oncol. 2003. – V.29 (5). – P.440-445.

29. Computed tomographic angiography for localization of the cutaneous perforators of the leg. / A. L. Martin, M. B. Bissell, A. Al-Dhamin [et al.] // Plast. Reconstr. Surg. – 2013. – Vol.131, N 4. – P.792-800.

30. Early fasciotomy in patients with extremity vascular injury is associated with decreased risk of adverse limb outcomes: a review of the National Trauma Data Bank / A. Farber, T. W. Tan, N. M. Hamburg [et al.] // Injury. — 2012. — V. 43, N 9. — P. 1486 —1491.

31. Holland A. J. Laser Doppler Line Scan Burn Imager (LDLS-BI): sideways move or a step ahead? / A. J. Holland, D. Ward, E. R. La Hei [et al.] // Burns. – 2014. – V. 40, №1. – P.113-119.

32. Hop M. J. Photographic assessment of burn size and depth: reliability and validity / M. J. Hop, C. M. Moues, K. Bogomolova [et al.] // J Wound Care. – 2014. – V. 23, №3. – P.144-52.

33. Jaskille A.D. Critical review of burn depth assessment techniques: part II. Review of laser doppler technology / A.D. Jaskille, J.C. Ramella-Roman, J.W., Shupp [et.al]. // J Burn Care Res. – 2010. – Vol.31, № 1. – P. 151-157.

34. Koshima I. Inferior epigastric artery skin flap without rectus abdominis muscle / I. Koshima, S. Soeda // Br. J. Plast Surg. – 1989. – Vol.42. – P.645–648.

35. Pape S. A. Burn wound healing time assessed by laser Doppler imaging (LDI). Part 1: Derivation of a dedicated colour code for image interpretation / S. A. Pape, R. D. Baker, D. Wilson // Burns. – 2012. – Vol.38, №2. – P. 187-194.

36. Park D. H. Mapping of the human body skin with laser Doppler flowmetry / D. H. Park, J. W. Hwang, K. S. Jang, [et al.] // Ann Plast Surg. – 1997. – V. 39, №6. – P. 597-602.

37. Perforator Flaps: anatomy, technique and clinical applications [P. N. Blondeel, S. F. Morris, G. G. Hallock, P.C. Neligan]. – QMP, Inc., [2nd ed] – 2013. – 1486 p.

38. Pickrel. A tribute to Sir Harold Gillies (1882-1960) / Pickrell, L. Kenneth // Plastic and Reconstructive Surgery and the Transplantation Bulletin. – 1961. – Vol.27, №2. – P. 149-153.

39. Saint-Cyr M. Perforator flaps: history, controversies, physiology, anatomy, and use in reconstruction. / M. Saint-Cyr, M. V. Schaverien, R. J. Rohrich [et al.] // Plast. Reconstr. Surg. – 2009. – Vol.123, N 4. – P.132-145.

40. Taylor G. I. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications / G. I. Taylor, J. H. Palmer [et al.] // Br. J. Plast. Surg. – 1987. – V. 40. – P.113-141.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ
АНГИОАРХИТЕКТониКИ КОЖИ
И МЯГКИХ ТКАНЕЙ У ПАЦИЕНТОВ
ПРИ ПЛаниРОВАНИИ
ПЛАСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ
НА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЯХ**

*Н.А. Чередниченко, П.А. Бадюл,
С.В. Слесаренко, Ф.И. Куликова*

Повышение эффективности пластических операций с применением васкуляризованных кожно-фасциальных лоскутов однозначно связано с лучевой визуализацией артериального бассейна в донорской зоне планируемого лоскута.

Цель обзора – осветить уровень информативности предоперационной и послеоперационной визуализации и идентификации донорской ткани, её ангиоархитектоники.

Изложена концепция ангиосом. Суперпозиция полученных по принципиально различным технологиям визуализации ангиоархитектони-

ки диагностических изображений обеспечивает исчерпывающую информацию.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ
АНГИОАРХИТЕКТониКИ ШКИРИ
І М'ЯКИХ ТКАНИН У ПАЦІЄНТІВ
ПРИ ПЛаниРОВАННІ ПЛАСТИЧНИХ
ОПЕРАЦІЙ НА НИЖНІХ КІНЦІВКАХ**

*Н.О. Чередниченко, П.А. Бадюл,
С.В. Слесаренко, Ф.І. Кулікова*

Підвищення ефективності пластичних операцій із застосуванням васкуляризованих шкірно-фасціальних клаптів однозначно пов'язане з променевої візуалізацією артеріального басейну у донорській зоні планованого клаптя.

Мета огляду - висвітлити рівень інформативності передопераційної та післяопераційної візуалізації та ідентифікації донорської тканини, її ангиоархитектоники.

Викладено концепцію ангиосом. Суперпозиція отриманих за принципово різними технологіями візуалізації ангиоархитектоники діагностичних зображень забезпечує вичерпну інформацію.

**SKIN AND SOFT TISSUES
ANGIOARCHITECTONICS
IDENTIFICATION IN PATIENTS
PLANNING FOR PLASTIC SURGERY
ON THE LOWER EXTREMITIES**

*N.A. Cherednichenko, P.A. Badyul,
S.V. Slesarenko, F.I. Kulikova*

The increase of plastic surgery efficiency with the application of vascularized skin-fascial flaps is definitely associated with the radiation visualization of the arterial basin in the donor zone of the planned flap.

The purpose of the review is to highlight the informative level of preoperative and postoperative visualization and identification of donor tissue, its angioarchitectonics.

The concept of angiosome is outlined. The superposition of diagnostic images obtained with fundamentally different imaging technologies of angioarchitectonics provides exhaustive information.