

течение 64 суток (1 серия опытов) и 30-33 суток (2 серия опытов). В 3 серии опытов аналогичный дефект заполняли реплантатом. Наблюдения за животными осуществляли в течение пяти лет.

Исследования показали, что приращение трансплантата сопровождалось инвазией кровеносных сосудов из костного ложа в костномозговые пространства и сосудистые каналы кортикальной пластинки пересаженной кости на глубину 3-5 мм. Сосуды из параоссальных тканей только на ограниченных участках врастали в наружный слой кортикальной пластинки. Остальная часть трансплантата была аваскулярной. Разрыв костного сращения в 1 и 2 сериях опытов вызывал повреждение сосудистых связей трансплантата с воспринимающим ложем. Однако через 5 суток отмечали возобновление микроциркуляции, о чем свидетельствовали инъецированные тушью сосудистые сплетения в трансплантате.

Дозированное низведение трансплантата в дефект сопровождалось образованием в диастазе дистракционного регенерата, состоящего из двух костных частей, разделенных соединительнотканной прослойкой. Сосудистая сеть регенерата формировалась, в основном, из сосудов костного ложа и сосудов, реваскуляризовавших трансплантат. Реваскуляризация перемещаемого костного трансплантата характеризовалась зональностью и структурными различиями циркуляторного русла. Через 1,5 месяца опыта в проксимальном конце, связанном с костной частью дистракционного регенерата, формировались мелкие артерии и капиллярная сеть жирового мозга. Стенка артерий содержала 1-3 слоя мышечных клеток. Глубже лежащие отделы васкуляризовались микрососудами. Стыковка перемещенного трансплантата с противоположным костным фрагментом обеспечивала его приращение и появление дополнительного источника реваскуляризации. На 4-ом месяце опыта на протяжении всего трансплантата длиной 4-6 см контрастировалась внутрикостная артериальная сеть, анастомозировавшая с артериями параоссальных тканей. Артерии дихотомически делились в терминальных отделах и переходили в капиллярную сеть костного мозга. Гистологически в стенке артерий выявляли 4-6 слоев мышечных клеток.

В 3 серии опытов формирование сосудистой сети в реплантате, приращенном к бедренной кости и фрагменту большеберцовой кости, отличалось качественным разделением зон васкуляризации. Артериальная сеть и капиллярная сеть жирового мозга восстанавливались только на расстоянии 7 мм от линии приращения к костному ложу. Остальные отделы трансплантата были заполнены соединительной тканью

бедренной микрососудами. Принципиальная разница в реваскуляризации костных трансплантатов сохранялась в течение всего эксперимента.

Таким образом дистракционный остеосинтез вызывал образование, рост и развитие кровеносных сосудов не только в зоне удлинения органа, как это было известно и ранее, но и стимулировал эти процессы в тканях, не испытывавших непосредственного воздействия дистракции.

Изучение анатомо-функционального состояния кровеносной системы при замещении дефекта большеберцовой кости путем удлинения костного отломка показало, что перемещаемый в дефект несвободный костный ауто трансплантат также подвергался реваскуляризации после выключения медуллярного кровоснабжения [5]. Выключение медуллярного кровотока в несвободном костном фрагменте при повреждении основного ствола а. nutriticia сопровождалось глубокими нарушениями гемоциркуляции, вплоть до временного ее прекращения, и уменьшением доли участия фрагмента в образовании сосудистой сети дистракционного регенерата. Рециркуляция во фрагменте обеспечивалась перестройкой периостальной сосудистой сети, поддерживаемой воздействием дистракции. После заполнения дефекта дистракционным регенератом на 72-е сутки эксперимента в трансплантате вазографически выявляли сеть а.nutricia, связанную периостально-медуллярными анастомозами с артериями окружающих тканей. На 102-е сутки эксперимента отмечали уменьшение числа периостально-медуллярных анастомозов и формирование на месте одного из них крупного артериального сосуда, восстанавливающего магистральный тип кровоснабжения кости. Восстановление центральной диафизарной вены отмечали к 9-му месяцу после операции.

Процессы ангиогенеза и перестройки кровеносного русла были тесно связаны с активностью костеобразования. Эксперименты на животных показали, что реваскуляризация несвободного костного фрагмента после выключения его медуллярного кровоснабжения не сопровождалась восстановлением кровотока по руслу питательной артерии при искусственном торможении формирования дистракционного регенерата.

Феномен артериальной реваскуляризации крупного свободного ауто трансплантата и восстановления гемоциркуляции в несвободном ауто трансплантате по руслу питательной артерии после выключения медуллярного кровоснабжения, указывали на существование особых условий для ангиогенеза при дистракционном остеосинтезе.

Сравнительное изучение состояния отдель-

ных звеньев нейро-эндокринной системы в процессе остеорегенерации показало зависимость изменения их регуляторной функции от продолжительности и активности костеобразования при чрескостном остеосинтезе [6].

Пролонгированное костеобразование вызывало и поддерживало длительную гиперпродукцию остеотропных гормонов и циклических нуклеотидов. Дистракция костных фрагментов в течение одного месяца сопровождалась увеличением на протяжении 5 месяцев секреции соматотропного гормона, способного усиливать все виды обмена веществ. Концентрация гормона околощитовидных желез - паратирина - многократно увеличивалась и продолжительное время стимулировалась мобилизация из скелета рострегулирующих факторов, представленных группой неколлагеновых белков с молекулярной массой 20-40 кД [7,8]. В сыворотке крови, взятой в период дистракции, определяли нарастание доли белковых фракций, идентифицированных по физико-химическим свойствам с костными белками. Совокупность биологических эффектов перечисленных гуморальных факторов проявлялась высоким уровнем метаболизма, пролиферации и дифференцировки регенерирующих как костной, так и мягких тканей. Подтверждением этому являлось ускорение вторичного заживления кожных ран при сопутствующей остеорепарации.

Дистракционный остеосинтез активизировал иммунную систему и способствовал усилению защитных свойств организма, о чем свидетельствовало достоверное увеличение количества Т-лимфоцитов.

Оперативное вмешательство, дистракция костных фрагментов и формирование дистракционного регенерата сопровождались морфофункциональными изменениями кровеносной системы конечности. Кровенаполнение тканей сегмента увеличивалось в 2 и более раз и сохранялось повышенным в течение года [9,10]. Основой перестройки в сосудистом бассейне являлись расширение просвета всех звеньев циркуляторного русла, ускорение кровотока, раскрытие резервных сосудов и ангиогенез. На фоне увеличения емкости сосудистого бассейна и ускорения кровотока выделялась зона гиперваскуляризации, объединявшая дистракционный регенерат, прилежащие концы костей и пограничные слои мышц, фасций и кожи. Морфогенез сосудов поддерживался не только дозированной дистракцией тканей, но и воздействием гемодинамических факторов (увеличение объема циркулирующей крови, давление на сосудистую стенку и т.д.). Роль гемодинамических факторов в формировании новых кровеносных сосудов возрастала в тканях не подвергавшихся дистракции. Наиболее выраженное увеличение

степени кровенаполнения мягких тканей оперированной конечности отмечали после остеотомии. Нарушение целостности и разобщение единого внутрикостного циркуляторного бассейна длинной трубчатой кости сопровождалось перераспределением гемоциркуляции с преобладанием повышенного притока крови в мягкие ткани конечности. Так, васкуляризация передней большеберцовой и икроножной мышц увеличивалась за счет расширения площади микроциркуляторного бассейна, соответственно на 10-16,2 % и на 11-18,7% ($p < 0,01$). Повышенному кровенаполнению тканей сопутствовали капиллярогенез также и в фасциях смежного сегмента конечности и образование участков роста эластических структур в интима магистральных артерий с появлением здесь интимальных гладких мышечных клеток. Продолжительное воздействие гемодинамических факторов на фоне активизации восстановительных процессов в организме обеспечивало органическую морфоструктурную перестройку артериального русла.

Стойкое расширение циркуляторного русла поддерживалось афферентной импульсацией из очага раздражения тканей в центральную нервную систему, а также продолжительным увеличением содержания циклического гуанозинмонофосфата, отражавшего биохимический механизм вазодилатации [11]. Рост сосудов инициировали метаболиты гликолитического расщепления углеводов, местные рострегулирующие факторы и другие вазоактивные вещества, концентрация которых увеличивалась в крови при дистракционном остеосинтезе.

Несомненно, что существенное значение в реализации биологических эффектов дистракционного остеосинтеза имеет, установленная зарубежными исследователями при травме скелета и остеорепарации, продукция эндогенных простагландинов группы E, обладающих сильно выраженными вазодилатирующими и дезагрегантными свойствами [12].

Длительное повышение кровенаполнения создавало функциональную нагрузку на венозный отдел сосудистой сети. Изменения ее в виде расширения магистральных вен, их анастомозов и микрососудов, раскрытия резервных сосудов и формирования дополнительных путей оттока со стороны дистракционного регенерата предупреждали развитие явлений венозной недостаточности. Эти данные подтверждают вывод других исследователей о значительных компенсаторных возможностях венозной системы при чрескостном остеосинтезе. Изучение внутрикостного кровообращения методом остеомедуллографии и по выведению радиоактивного ксенона (^{133}Xe) указывало на быструю нормализацию скорости венозного оттока после замещения дефекта.

В процессе формирования дистракционного регенерата улучшалось тканевое дыхание, на что указывали результаты исследования динамики концентрации в эритроцитах 2,3-дифосфоглицериновой кислоты (ДФГ), регулирующей степень освобождения кислорода из гемоглобинового комплекса. Содержание 2,3-ДФГ в эритроцитах повышалось в течение всего периода дистракции [13].

Таким образом, дистракционный остеосинтез вызывал регулируемые по интенсивности и продолжительности компенсаторно-приспособительные реакции систем организма, обеспечивающих регенеративные процессы, изменения регионарной гемодинамики в связи с увеличением емкости циркуляторного русла и ускорением кровотока, образование ангиогенных факторов физической и химической природы, стимулирующих новообразование и структурную перестройку уже существовавших кровеносных сосудов.

Закономерный характер этих биологических эффектов был подтвержден в процессе изучения в эксперименте состояния периферического кровообращения после применения дистракционного остеосинтеза в условиях моделирования хронической ишемии [14].

Метод дистракционного остеосинтеза, заключающийся в утолщении длинной трубчатой кости, был применен в клинике РНЦ "ВТО" имени акад. Г.А. Илизарова для лечения 285 больных в возрасте 30-56 лет с окклюзиями верхних и нижних конечностей, вызвавшими в них хроническую артериальную недостаточность кровообращения II-IV ст. по классификации А.В. Покровского [15].

Положительный результат лечения после снятия аппарата отмечали у 253 больных (88,8%). Компенсация хронической ишемии сохранялась в течение года у 88,5% обследованных больных, на протяжении трех лет - 86%, десяти - у всех пациентов.

Анализ результатов применения метода дистракционного остеосинтеза для компенсации хронической ишемии при облитерирующих заболеваниях артерий конечностей показал, что оперативное лечение обеспечивает больным длительную ремиссию заболевания и обратное развитие отдельных ее симптомов. Однако осуществление утолщения кости является довольно травматичным вмешательством для ангиологического больного, технически сложным при выполнении на бедре, на предплечье, на кисти и стопе, а также вызывает косметические дефекты на кисти и стопе. Технические и методические особенности выполнения способа обуславливают возникновение таких осложнений как перелом материнского ложа, остеомиелит перемещаемого костного фрагмента, перфорация кожи

острым концом перемещаемого фрагмента. По этой же причине не удается применить способ более двух раз на одном и том же сегменте конечности и ограничена во времени продолжительность возбуждения остеорепарации при поперечном направлении перемещения костного отщепы из-за натяжения мягких тканей, их сдавления и развития микроциркуляторных расстройств в зоне остеотомии. Производство остеотомии и формирование дистракционного регенерата в проксимальном отделе конечности провоцирует возникновение "эффекта обкрадывания" в кровоснабжении ее дистальных сегментов и усугубление ишемии, вследствие нарастания периферического сосудистого сопротивления. Контроль за состоянием периферического кровообращения у больных с двухсторонним нарушением кровоснабжения нижних конечностей через несколько лет после лечения выявил снижение резервных функциональных возможностей кровеносной системы на стороне хирургического вмешательства и повышение функциональной нагрузки на венозный отдел циркуляторного русла.

Вышеуказанное послужило причиной дальнейшего поиска менее травматичных и эффективных приемов и средств стимуляции ангиогенеза и коллатерального кровотока для больных с окклюзионными заболеваниями артерий конечностей.

Усилия исследователей, предпринятые на пути раздельного изучения влияния отдельных элементов чрескостного остеосинтеза на ответную сосудистую реакцию (чрескостное проведение спиц, дозированное перемещение спиц и костных фрагментов в костях и мягких тканях), позволили добиваться значительного и длительного повышения кровоснабжения конечности без выполнения остеотомии и формирования дистракционного регенерата. Так нами было установлено, что дозированная тракция инородных тел как в мягких тканях, так и в костномозговой полости трубчатых костей сопровождается значительным увеличением емкости циркуляторного русла, капиллярогенезом и органической перестройкой магистральной артериальной сети конечности. При повторном повреждении кости при чрескостном проведении спиц был выявлен кооперативный эффект в ответной реакции кровеносной системы конечности в виде нарастания кровенаполнения циркуляторного бассейна и увеличения продолжительности этого состояния после очередного этапа повреждения.

За последние пять лет под руководством профессора В.И. Шевцова для компенсации хронической ишемии, в том числе у больных с высокими окклюзиями артерий конечностей и мультифокальным атеросклерозом, были разра-

ботаны на основе этих приемов более простые и щадящие, чем дистракционный остеосинтез, методики стимуляции кровообращения, которые могут быть применены на любом сегменте конечности и у пациентов пожилого и старческого возрастов.

Кооперативный эффект в ответной сосудистой реакции, возникающей при повторяющемся воздействии агрессивных факторов был положен в основу способа остеоперфораций [16]. Повторяющиеся остеоперфорации были применены у 97 пациентов с хронической недостаточностью артериального кровообращения II-IV ст. Однократные остеоперфорации были рекомендованы в качестве лечебно-диагностической операции и нашли применение у больных с критической ишемией для выявления потенциальных резервов кровеносной системы конечностей и ее способности отвечать реакцией артериальной гиперемии на операционную скелетную травму. Выполнение такой хирургической манипуляции облегчает выбор рациональной методики компенсации ишемии конечностей и имеет важное прогностическое значение в определении целесообразности лечения пациента по методикам, разработанным в РНЦ "ВТО". Остеоперфорации также оказались полезными для выполнения их на противоположной конечности с целью предупреждения "эффекта обкрадывания тканей" при двухстороннем нарушении кровоснабжения.

Наиболее выраженный и продолжительный эффект в компенсации хронической ишемии обеспечивается применением способов управления ответной сосудистой реакцией на повреждение опорно-двигательной системы с наложением аппарата внешней фиксации. С этой целью нами были разработаны способы, при которых воздействие осуществляют на всем протяжении костномозгового канала трубчатой кости или в параоссальных тканях путем имплантации инородных тел и их дозированного перемещения до устранения ишемических расстройств в тканях пораженной конечности [17-19]. Методики длительного дозированного механического раздражения трубчатых костей и мягких тканей с помощью аппаратов и устройств внешней фиксации были применены у 34 больных.

С появлением арсенала новых способов была организована система хирургического лечения больных с облитерирующими заболеваниями артерий конечностей на основе создания обширных очагов пролонгированного раздражения и репаративной регенерации в опорных тканях для достижения ангиогенеза, увеличения коллатерального кровотока и активизации восстановительных процессов, обеспечивающих компенсацию хронической ишемии. Суть ее заключается в своевременном и последователь-

ном применении операций от наиболее простых и щадящих в начале болезни до более сложных и травматичных при ее прогрессировании, и в рациональном комбинировании, по показаниям, нескольких методик для одного пациента. Такой индивидуально обоснованный подход позволяет регулярно поддерживать у пациентов эффект стимуляции периферического кровообращения и сохранять у них резервные функциональные возможности кровеносной системы конечностей.

Внедрение новых малотравматичных и простых способов компенсации хронической ишемии путем повторных остеоперфораций, имплантации и дозированного перемещения инородных тел в костях и мягких тканях конечности позволило сократить случаи применения травматичного для больных с сосудистой патологией дистракционного остеосинтеза и уменьшить продолжительность стационарного лечения. Доля применения дистракционного остеосинтеза к 1998 году постепенно уменьшилась со 100% до 4% среди операций направленных на стимуляцию периферического кровообращения.

Анализ отдаленных результатов применения новых методик лечения у больных с окклюзиями артерий конечностей в течение 5 лет выявил выраженный терапевтический эффект и показал возможность достижения стойкой компенсации хронической ишемии. Осложнений от применения новых методик стимуляции кровоснабжения конечностей мы не наблюдали. Длительность ремиссии в течении патологического процесса увеличивалась при последующем ежегодном проведении этим больным курса инфузионной терапии вазоактивными препаратами. При наличии у пациентов язвенно-некротических изменений конечности новые методики позволяли, как и дистракционный остеосинтез, предотвратить распространение некробиотических процессов в тканях и обеспечивали снижение уровня ампутации, создание функциональной культи, пригодной для протезирования.

Наш опыт экспериментально-теоретической разработки, клинической апробации и внедрения новых приемов стимуляции периферического кровообращения путем создания очагов пролонгированного раздражения и репаративной регенерации в опорных тканях позволяет сформулировать для них общие методологические требования, которые могут оказаться полезными при развитии и совершенствовании такого подхода к компенсации ишемии. Во-первых, способы должны основываться на применении умеренных по силе раздражителей, обладающих стимулирующим воздействием на регуляторные системы и исключающих срыв компенсаторно-приспособительных реакций организма. Во-вторых, способы должны создавать стимулиру-

