

На правах рукописи



**Дудузинский  
Константин Юрьевич**

**ЛЕЧЕНИЕ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ КОСТНО-АРТЕРИАЛЬНЫХ  
ПОВРЕЖДЕНИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ  
(Экспериментальное исследование)**

**14.00.27 – хирургия  
14.00.16 – патологическая физиология**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук**

**Томск-2008**

**Работа выполнена в ГОУ ВПО Томский военно-медицинский институт  
и ГОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет  
Росздрава**

**Научные руководители:**

доктор медицинских наук, профессор

**Гаврилин Евгений Владимирович**

доктор медицинских наук, профессор,  
академик РАМН,  
Заслуженный деятель науки РФ

**Новицкий Вячеслав Викторович**

**Официальные оппоненты:**

доктор медицинских наук, профессор

**Бражникова Надежда Архиповна**

доктор медицинских наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ

**Удуг Владимир Васильевич**

**Ведущая организация:** ГОУ ВПО Новосибирский государственный медицинский университет Росздрава

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г. в \_\_. \_\_ на заседании диссертационного совета Д. 208.096.01 при ГОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет (634050, г. Томск, ул. Московский тракт, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке ГОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета**

 **Суханова Г.А.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Локальные войны за последние три десятилетия резко повысили интерес военных хирургов к проблеме лечения огнестрельной травмы. Вооружённые конфликты убедительно показали, что огнестрельное оружие постоянно совершенствуется и его эволюция направлена на создание новых видов ранящих снарядов, обладающих значительной разрушительной силой [Дедушкин В.С., 1992; Бисенков Л.Н., 1993; Vonath K.N., 1996; Peters С.Е., 1996; Озерцовский Л.Б., 2006; Жигунов А.К., 2007].

Одним из видов боевой травмы являются огнестрельные ранения бедра и голени. Количество раненых в конечности в современных военных конфликтах составляет 62-72% санитарных потерь. Среди них особое место занимают костно-артериальные повреждения, лечение которых является длительным, сопровождается частым развитием осложнений и нередко приводит к неудовлетворительным результатам [Нечаев В.А., 1993; Dicpinigaitis P.A., 2002; Crainz E., 2002; Беслеков У.С., 2005; Самохвалов И.М., 2006; Ефименко Н.А., 2007].

Так, во время Второй мировой войны повреждения магистральных сосудов конечностей одновременно с огнестрельными переломами костей встречались в 18,6% случаев огнестрельных повреждений бедра. При этом летальность составляла 11,8%. Во время войны во Вьетнаме повреждения артерий бедра и голени сопровождалась переломами костей в 28,5-42,6% случаев, частота ампутаций наблюдалась в 8% случаев. По данным изучения последствий войны в Афганистане, число костно-сосудистых ранений конечностей составляло 11,2%, ампутации выполнялись у 19,6% пострадавших. [Ерюхин И.А., 1991; Ерюхин И.А., 2003; Корнилов Е.А., 2006; Самохвалов И.М., 2006].

Как показывают современные исследования, при обследовании раненых с огнестрельными переломами военные врачи весьма часто указывают на наличие выброса из огнестрельной раны фрагментов и осколков костной ткани, что даёт им право говорить о первичных огнестрельных дефектах костей [Дедушкин В.С., 1992; Городниченко А.И., 2000]. При огнестрельных ранениях

конечностей появляется значительный дефект не только кости, но и мягких тканей, а также магистрального сосуда. Обычно при обсуждении результатов медицинской реабилитации раненых с огнестрельными дефектами длинных костей конечностей выносилось заключение о наличии несращения костных отломков, как правило, сопровождавшегося укорочением конечности [Орлов А.Н., 2002; Ефименко Н.А., 2007; Николенко В.К., 2007].

Проблемой остается выбор способа фиксации костных отломков при таких повреждениях. Значительным этапом в развитии медицины стала разработка и внедрение метода внеочаговой фиксации костных отломков. Надёжное обездвиживание повреждённой кости, возможность репозиции, наблюдения за раной, выполнения пластических операций, в том числе и на сосудах, и транспортировки пострадавших позволяют отнести данный способ к наиболее перспективному при костно-артериальных ранениях на этапах медицинской эвакуации [Гуманенко Е.К., 2006; Пешехонов Э.В., 2006; Николенко В.К., 2007; Хрупкин В.И., 2007; Бояринцев В.В., 2008].

Наиболее сложен вопрос хирургической тактики при костно-артериальных ранениях. По опыту медицинского обеспечения военных действий последних десятилетий при оказании специализированной хирургической помощи показана окончательная остановка кровотечения, по возможности с восстановлением проходимости магистрального сосуда. Противопоказанием для восстановительных операций является необратимая ишемия конечности [Махлин И.А., 1992; Арбузов Ю.В., 1997; Гаибов А.Д., 1999; Кохан Е.П., 2003; Корнилов Е.А., 2006; Самохвалов И.М., 2006].

Если ранение сосуда сочетается с переломом кости, рекомендуется производить остеосинтез, а затем восстановление сосуда. Чтобы избежать увеличения продолжительности ишемии во время остеосинтеза операцию рекомендуют начинать с временного восстановления кровотока. Весьма проблематичным является пластика сосуда при значительных его дефектах. В настоящее время дефект сосуда до 2 см восстанавливается циркулярным сосудистым швом, при

повреждениях сосуда более 2 см применяются ауто- и аллотрансплантаты. Более подробных сведений о хирургической тактике при огнестрельном переломе длинных трубчатых костей в сочетании с огнестрельным дефектом магистрального сосуда более 3 см в доступной литературе мы не встретили [Ерюхин И.А., 1991; Брюсов П.Г., 1997; Ерюхин И.А., 2003; Маргарян С.А., 2006].

Таким образом, в военное время костно-сосудистые повреждения, по данным различных авторов, составляют от 11,2 до 42,6% случаев. Неудовлетворительные результаты хирургической помощи, (укорочение конечностей, ложные суставы, остеомиелит), приводящие к нарушению функций конечностей, в 8-19,6% сопровождались ампутациями, и летальными исходами – до 11,8% случаев. Все это определяет актуальность данной проблемы и диктует необходимость проведения исследований, направленных на улучшение результатов лечения.

**Цель исследования.** Установить возможность восстановления костно-артериального дефекта более 3 см при огнестрельных ранениях нижних конечностей путем одномоментного оперативного восстановления и сохранения анатомической целостности сегмента конечности.

**Задачи исследования:**

1. Разработать в эксперименте новый способ оперативного лечения огнестрельных повреждений нижних конечностей с восстановлением дефекта костно-артериального сегмента более 3 см.

2. Изучить динамику морфологической картины в области сформированного артериального анастомоза и особенности остеогенеза костной ткани при разработанном способе лечения.

3. Изучить состояние гемодинамики в различные сроки послеоперационного периода.

4. Оценить и провести коррекцию патофизиологических изменений, влияющих на кровоток и остеобразование в восстанавливаемом сегменте конечности.

### **Научная новизна**

Впервые разработан новый метод лечения огнестрельных костно-артериальных повреждений нижних конечностей, обеспечивающий адекватное восстановление костного и сосудистого сегментов в условиях distraction без сужения просвета артерии и нарушения её упругоэластических свойств. При изучении морфологических изменений области анастомоза повреждённого сосуда показано, что восстановление длины артерии происходит за счёт образования собственных клеточных структур. Отработана методика оперативного лечения огнестрельного ранения с дефектом длинной трубчатой кости и магистральной артерии более 3 см, позволяющая адекватно восстановить дефект в результате регенерации собственных тканей с сохранением физиологических функций.

Научная новизна подтверждена патентом РФ на полезную модель № 59394 от 26.12.06 г. – спица для остеосинтеза, выдачей приоритетной справки на изобретение (№ приоритета 2007106623 от 21.02.07 г.).

### **Практическая значимость**

Разработаны практические рекомендации, позволяющие сохранить конечность при огнестрельных ранениях с костно-артериальным дефектом более 3 см. Доказана возможность восстановления утраченного сегмента за счёт собственных клеточных структур при стимуляции distraction.

### **Основные положения, выносимые на защиту диссертации**

1. Разработан способ оперативного лечения огнестрельных ранений нижних конечностей, позволяющий восстановить дефект костно-артериального сегмента более 3 см.

2. Морфологическая картина зоны анастомоза характеризуется замещением фибриновой вставки эндотелиальными клетками с 15 по 30 сутки после операции. К 30 суткам отмечена пролиферация и переориентация гладкомышечных клеток из циркулярного положения в продольное, с восстановлением

обычного строения медики к 60 суткам. Восстановление дефекта костной ткани происходит к 4 месяцам лечения за счёт вторичного остеогенеза.

3. Состояние гемодинамики характеризуется сохранением магистрального кровотока с увеличением его скорости более чем в 2 раза, в то же время снижаются упругоэластические свойства сшиваемой артерии, возрастает периферическое сопротивление кровотока в связи с посттравматическим отёком тканей и выключением из кровообращения сети коллатералей. В результате проводимого лечения восстановление показателей кровотока происходит к 60 суткам исследования за счёт формирования эндотелиального слоя по линии анастомоза, восстановления длины и диаметра сосуда, его упругоэластических свойств и сети коллатералей.

4. К 30 суткам после операции формируется эндотелиальный слой оперированной артерии, без сужения просвета, что приводит к улучшению гемодинамических условий и сохранению адекватного кровотока. К этому же сроку в условиях distraction происходит восстановление длины артерии и кости в результате роста собственных клеточных структур – эндотелиальных клеток, миоцитов, остеоцитов и развития сети коллатералей. Происходящие изменения благоприятно влияют на ускорение остеобразования distractionного регенерата за счёт улучшения его кровоснабжения.

#### **Апробация материалов исследования**

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на VIII съезде травматологов-ортопедов России (г. Самара, 2006); Всероссийской научно-практической конференции «Стандартизация медицинских технологий, реабилитации в ангиологии и сосудистой хирургии» (г. Новокузнецк, 2006); VIII конгрессе молодых учёных и специалистов «Науки о человеке» (г. Томск, 2007); на международной конференции «Новое в пластической хирургии и комбустиологии» (г. Санкт-Петербург, 2007); научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава Томского военно-медицинского института (г. Томск, 2007); II международной научной конференции «Новые оперативные

технологии (анатомические, экспериментальные и клинические аспекты)» (г. Томск, 2007); на заседаниях Томского областного научного общества хирургов (2008) и областного общества травматологов-ортопедов (2008).

**Реализация материалов работы.** Основные положения исследования используются в учебном процессе при обучении слушателей интернатуры, клинической ординатуры, адъюнктуры ГОУ ВПО Томского военно-медицинского института.

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ в медицинских журналах и в сборниках трудов Всероссийских и Международных научно-практических конференций, в том числе 4 в рецензируемых журналах ВАК.

**Объём и структура диссертации.** Диссертация изложена на 149 страницах машинописного текста, иллюстрирована 12 таблицами и 64 рисунками, состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и указателя литературы, включающего 127 отечественных и 104 иностранных авторов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на базе экспериментальной лаборатории ГОУ ВПО Томского военно-медицинского института в соответствии с «Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей», согласно «Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ МЗ СССР №755 от 12.08.1977 г.) и Федерального закона о защите животных от жестокого обращения от 01.01.1997 г., с соблюдением Директивы 86/609 ЕЭС, основанной на тексте соглашения «Dr. Robert Hubrecht, Current EU Legislation Controlling Animal Experiments».

Исследования выполнены на 18 взрослых беспородных собаках обоего пола в возрасте от 2 до 4 лет с массой тела от 20 до 30 кг и длиной бедра не менее 18 см. Животные были разделены на пять серий (в первой серии  $n = 2$ , в четырёх сериях  $n = 4$ ). Модель огнестрельного перелома диафиза бедра с одновременным повреждением магистрального сосуда получали выстрелом из пистолета «Марголин» патронами с калибром пули 5,6 мм.

Через десять суток после операции начинали восстановление длины сегмента конечности возбуждением дистракционных усилий между состыкованными костными отломками в системе «аппарат чрескостного остеосинтеза – конечность» с темпом по 0,25 мм четыре раза в сутки. После восстановления длины сегмента конечности аппарат чрескостного остеосинтеза переводили в режим стабилизации до окончания формирования костного дистракционного регенерата. Далее аппарат демонтировали.

В течение 12 суток после операции выполняли цитологические исследования дренажного отделяемого. Из центрифугата готовили тонкие мазки, окрашивали их по Нохту, располагая стекло в горизонтальном положении.

Для характеристики динамики консолидации огнестрельного перелома, восстановления проходимости артерии и течения раневого процесса (на 1, 15, 30, 60, 120-е сутки) выполнялись рентгенологические, ангиографические, до-

плерографические, гистологические исследования. Кроме этого изучались: показатели общего состояния животных, состояние повреждённой конечности, макропрепараты костей и сосудов.

Визуальное наблюдение за экспериментальными животными осуществляли ежедневно. Регистрировали следующие данные:

- реакция животного на травму (поведение, частота пульса, ректальная температура, выраженность пищевого и оборонительного рефлексов, нагрузка на поврежденную конечность);
- продолжительность и характер наружного кровотечения;
- размеры входных и выходных раневых отверстий в момент ранения;
- данные посттравматических изменений в повреждённой конечности (время начала, характер и количество раневого отделяемого, выраженность отёка мягких тканей, характер трофических изменений, сроки заживления ран);
- сроки и клинические проявления общих и местных осложнений.

Рентгенографию бедра в двух проекциях выполняли на рентгеновском аппарате «ТУР-Д 800» (ГДР) при одинаковых физико-технических условиях (фокусное расстояние – 100 см, напряжение – 55 кВ, сила тока – 150 А, экспозиция – 2 с) и стандартных условиях фотообработки. Рентгенограммы служили основой для оценки течения репаративных процессов в области перелома и возникновении осложнений.

Ангиографию выполняли с целью определения проходимости повреждённой артерии в послеоперационном периоде. Исследование выполнялось на рентгеновском аппарате «ТУР-Д 800» (ГДР) при аналогичных физико-технических условиях. В качестве контрастного препарата использовали тразограф.

Допплерографические исследования сосудов бедра для определения адекватности кровотока проводили с помощью ультразвуковой системы «Nemio SSA-550A Toshiba corporation» (Япония) и линейного датчика 7,5-11 мГц, что позволяло получать изображение сосуда с регистрацией доплеров-

ской кривой в выбранном участке артерии. Измеряли значения индекса пульсативности (PI), отражающего упруго-эластические свойства артерий и характеризующего выраженность периферического русла, а также индекса резистентности (RI), характеризующего выраженность сопротивления сосудов в дистальных участках.

Гистологические исследования включали приготовление и изучение гистологических препаратов идентичных участков костных регенератов в зонах огнестрельных переломов бедренных костей собак и участков сосудистых регенератов. Забор тканей для гистологического исследования осуществляли после выведения животных из эксперимента. После фиксации препаратов из фрагментов диафиза вырезали стандартные участки кости, которые заливали в парафин по стандартной методике. Срезы толщиной 10 мкм окрашивали гематоксилином и эозином по обычной схеме.

Участки поврежденных и интактных сосудов выделяли, фиксировали в 10 % растворе формалина. Затем заливали в парафин, готовили срезы толщиной 10 мкм и окрашивали гематоксилином и эозином, по Ван-Гизону.

Исследование осуществляли под бинокулярным микроскопом «Leica CME» (Германия) – (объектив - 7 и 10, увеличение x 40; x 90).

Макропрепараты изучали после выведения животных из эксперимента в контрольные сроки после травмы. Для приготовления макропрепаратов бедренных артерий, иссекали исследуемый сегмент сосуда, вскрывали просвет продольным разрезом, иглами прикрепляли к картонным пластинам и фиксировали в растворе формалина. Повреждённый и контрлатеральный сегменты костей вычленили из суставов, очищали от мягких тканей, вываривали в воде в течение 6 часов и обезжировали.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с применением методов статистического анализа, используемых в биологии и медицине, с помощью пакета прикладных программ «Statistica, vers.6». Нормально распределяемые показатели приведены в их среднем значении со стан-

дартным отклонением:  $M \pm \sigma$ . Достоверность различий анализировали с помощью непараметрического критерия Фридмана, с расчётом коэффициента конкордации Кендала, при дисперсионном анализе повторных измерений. Для оценки достоверности различий независимых выборок применяли критерий Манна-Уитни (U). Различия считали достоверными при уровне доверительной вероятности свыше 95%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Методика операций

После огнестрельного ранения с одновременным повреждением артерии и кости на конечность выше места повреждения накладывался жгут. Далее выделялись центральный и периферический концы артерии, на которые накладывались сосудистые зажимы. После остановки кровотечения жгут снимался и через костные отломки проводились по одной паре взаимоперекрещивающихся спиц (Патент на полезную модель № 59394 от 26.12.06 г. – спица для остеосинтеза) с закреплением на кольцевых и дуговых опорах с натяжением. Монтировался аппарат чрескостного остеосинтеза профессора А.Д. Ли, состоящего из одной дуги, которая фиксировалась на проксимальный отломок и кольца на дистальный отломок. Этого достаточно для фиксации бедренной кости экспериментального животного. Кольцо и дуга соединялись между собой стержнями со сплошной нарезкой, делались рентгеновские снимки. Данная форма аппарата позволяла животному без затруднений передвигаться и не сдавливала контрлатеральную конечность во время отдыха. Ограничения движений в суставах у животных не наблюдалось.

После монтажа аппарата чрескостной фиксации проводилась первичная хирургическая обработка огнестрельного ранения бедра, которая являлась этапом первичной реконструктивной операции. Она заключалась в рассечении раны, удалении инородных тел, иссечении нежизнеспособных тканей. Центральный и периферический концы артерии иссекались до неповреждённой внутренней оболочки. Длина удаляемого участка составляла по 15 мм с каждой стороны. Костные осколки старались максимально сохранить в ране, удалялись только наиболее повреждённые. Отломки сопоставлялись и фиксировались в аппарате внеочагового чрескостного компрессионно-дистракционного остеосинтеза с укорочением конечности на длину, необходимую для сшивания концов сосуда без натяжения. Центральный и периферический концы артерии сшивались под углом 50 – 60° по отношению к поперечному сечению сосуда

без натяжения отдельными узловыми швами. Швы накладывались на заднюю, затем на переднюю стенку анастомоза. При восстановлении артерии следили, чтобы интима центрального и периферического концов чётко сопоставлялась, что снижало возможность тромбоза. Угол среза сшиваемого сосуда в  $50 - 60^\circ$  выбран как оптимальный для увеличения площади соприкосновения стенок. Тем самым исключалось сужение в зоне анастомоза. Для сосудистого шва использовали нити пролен от 7-0 до 10-0. Проверялась полноценность восстановленного кровотока путем снятия сосудистого зажима с периферического конца артерии, затем с центрального. Для активного промывания к области огнестрельного ранения устанавливались дренажные трубки. Образовавшуюся после хирургической обработки рану тампонировали марлевыми салфетками, пропитанными водорастворимыми мазями. С целью подавления воспалительной реакции производилась противовоспалительная блокада (по И.И. Дерябину – А.С. Рожкову). При отсутствии инфекционных осложнений (через 1 – 2-е суток) кожа с подкожно-жировой клетчаткой ушивалась отсроченным первичным швом.

### **Характеристика результатов исследования**

В 1-2-е сутки после операции определялись цитограммы дренажного отделяемого воспалительного типа, что сопровождалось типичной клинической картиной. На 6-9-е сутки цитограммы характеризовались воспалительно-регенераторным типом, что свидетельствовало о процессе очищения раны. К 10-м суткам у животных проявления местных воспалительных реакций на фоне проводимого проточно-промывного дренирования значительно уменьшались. При изучении цитограмм раневой процесс соответствовал регенераторному типу. Таким образом, были получены последовательно развивающиеся фазы классического течения раневого процесса в огнестрельной ране.

При анализе данных доплерографического исследования выявлено, что в первые сутки после ранения в магистральном сосуде повреждённой конечности изменялись показатели гемодинамики, свидетельствующие о возрастании

периферического сопротивления кровотоку дистальнее области анастомоза. Индекс резистентности оперированного сосуда определялся повышенным ( $0,91 \pm 0,01$ ,  $p < 0,05$ ), по сравнению с таковым интактной артерии контрлатеральной конечности ( $0,82 \pm 0,04$ ). По нашему мнению, выявленные изменения были связаны с развивающимся синдромом местных нарушений тканевого кровотока, который определяется кризисом микроциркуляции и приводит к гипоксии тканей, прежде всего мышечной. В ответ на гипоксию тканей в кровь начинало поступать большое количество вазоактивных веществ, действие которых направлено на усиление кровообращения в пострадавшей конечности и сохранение жизнеспособности тканей. Отмечалось увеличение скорости кровотока в поврежденном сосуде ( $148,18 \pm 3,63$  см/сек,  $p < 0,05$ ), по отношению к таковой в интактной артерии ( $57,85 \pm 1,65$  см/сек). Снижались упругоэластические свойства магистральной артерии. Индекс пульсативности исследуемого сосуда уменьшался ( $2,98 \pm 0,18$  при  $4,13 \pm 0,45$  в интактном сосуде,  $p < 0,05$ ).

При гистологическом исследовании определялось отложение фибрина в области шва, что сглаживало внутреннюю поверхность стенки сосуда по линии анастомоза и создавало герметичность.

Изменения в костной ткани носили характер соответствующий огнестрельному ранению. Между концами отломков и в окружающих их мягких тканях отмечалось наличие сгустков фибрина, свернувшейся крови и множество мелких костных осколков. Надкостница у линии перелома была отслоена и разволокнена. Костный мозг в области концов отломков оказывался некротизированным на расстоянии до 1 см.

На десятые сутки после операции аппарат внешней фиксации переводился в режим distraction по 0,25 мм в четыре приема за сутки на срок, необходимый для восстановления образовавшегося после ранения дефекта тканей, составлявшего более 3 см. В среднем distraction продолжалась в течение тридцати пяти дней. Десятые сутки были выбраны началом удлинения конечности в связи с тем, что в области анастомоза в этот период, по данным

гистологических исследований, определялась пролиферация эндотелиальных и гладкомышечных клеток, свидетельствующая о росте новых клеточных структур сосудистой стенки. Проллиферация клеток в данный период наблюдения отмечалась и в костной ткани, что свидетельствовало о начале остеогенеза. При дозированной дистракции происходило стимулирование роста сосуда и кости.

К 15-м суткам оперированная конечность оставалась незначительно увеличенной в объёме за счёт сохранявшегося посттравматического отёка. Животные к данному сроку наблюдения уже опирались на повреждённую конечность.

Изменения гемодинамики при доплерографических исследованиях характеризовались нарушением микроциркуляции. Индекс резистентности оперированного сосуда оставался повышенным ( $0,98 \pm 0,08$ ,  $p < 0,05$ ), по отношению к интактной артерии ( $0,81 \pm 0,08$ ). Определялась положительная динамика восстановления скорости кровотока в магистральном сосуде ( $98,73$  см/сек  $\pm 8,58$  см/сек,  $p < 0,05$ ), по сравнению с таковой в артерии контрлатеральной конечности ( $56,55$  см/сек  $\pm 8,24$  см/сек).

При гистологическом исследовании отмечалось замещение фибриновой «вставки» эндотелиальными клетками, что свидетельствовало о восстановлении интимы в области анастомоза. Определялась пролиферация гладкомышечных клеток в меди. С началом дистракции восстановление длины сосудистой стенки происходило за счёт стимуляции роста собственных клеточных структур.

Рентгенологически в области перелома отмечалось развитие остеопороза костных отломков и начало формирования периостальной костной мозоли. Динамика морфологической картины характеризовалась развитием периостальной реакции с образованием остеогенных клеток и резорбцией повреждённых костных структур.

На 30-е сутки продолжала определяться тенденция уменьшения средней скорости кровотока в оперированном сосуде ( $83,23$  см/с  $\pm 7,80$  см/с,  $p < 0,05$ ),

по сравнению с магистральной артерией контрлатеральной конечности ( $57,39 \text{ см/с} \pm 6,44 \text{ см/с}$ ). Снижался индекс резистентности в исследуемом сосуде ( $0,93 \pm 0,06$ ,  $p > 0,05$ ), по отношению к интактному ( $0,81 \pm 0,07$ ). Данные изменения гемодинамических показателей характеризовали восстановление кровообращения в повреждённой конечности, как в магистральных сосудах, так и в микроциркуляторном русле. При этом было отмечено возрастание индекса пульсативности повреждённого сосуда до  $3,50 \pm 0,61$  ( $p > 0,05$ ) и приближение его к аналогичному по отношению к интактной артерии ( $4,15 \pm 0,67$ ). Данный показатель характеризовал восстановление упругоэластических свойств бедренной артерии.

Следует подчеркнуть, что в этот период наблюдения фибриновая «вставка» в месте сшивания сосуда полностью замещалась эндотелием, однако сохранялось незначительное сужение области анастомоза. Происходившие изменения не препятствовали кровотоку.

Одним из важных фактов, подтверждающим процесс роста сосуда в период distraction, являлась переориентация гладкомышечных клеток медики из циркулярного положения в продольное. Ангиографические исследования характеризовали восстановление сети коллатеральных сосудов, которые большей частью развивались вокруг образующегося distractionного регенерата. Улучшалось кровоснабжение костной ткани, что способствовало остеогенезу.

Между костными отломками определялась соединительнотканная костная мозоль, что подтверждалось гистологическими исследованиями. Характерной особенностью процесса консолидации была выраженная периостальная реакция, как в области перелома, так и в местах прохождения спиц. Образующийся distractionный регенерат большей частью состоял из хрящевой ткани.

На 60-е сутки доплерографические показатели исследуемых сосудов приближались к аналогичным в интактных артериях. Уменьшались индекс резистентности оперированного сосуда ( $0,86 \pm 0,13$ ,  $p > 0,05$ ), по сравнению с интактным сосудом – ( $0,81 \pm 0,09$ ) и средняя скорость кровотока

(70,14 см/сек  $\pm$  5,01 см/сек,  $p > 0,05$  и 59,89 см/сек  $\pm$  8,16 см/сек соответственно). Данные изменения подтверждали продолжавшийся репаративный процесс в магистральном сосуде оперированной конечности. Характерным определялось также восстановление эластических свойств исследуемой артерии, что подтверждалось увеличением индекса пульсативности ( $3,81 \pm 0,64$ ,  $p > 0,05$ ), по сравнению с таковым в интактном сосуде ( $4,15 \pm 0,86$ ).

Гистологически определялось уплощение интимы, мышечные волокна меди приобретали однонаправленный ход. К этому периоду наблюдения при восстановлении длины и структуры магистральной артерии не отмечалось нарушений кровотока в зоне анастомоза.

Динамика морфологической картины костного регенерата свидетельствовала о сохранявшемся преобладании хрящевой ткани над костной. В составе регенерата определялась волокнистая костная ткань. Хотя такие изменения и свидетельствовали о незрелости костного регенерата, тем не менее, угловых деформаций бедренной кости не развивалось, и функция конечности не нарушалась.

При рентгенологическом исследовании определялось уплотнение костного регенерата. В результате изучения макропрепаратов определялось сращение бедренной кости, отсутствие костных осколков, восстановление длины кости.

Компрессионно-дистракционный аппарат демонтировался на 80-е сутки наблюдения. На 120-е сутки животные находились без аппарата 40 суток. В эти сроки при доплерографическом исследовании оперированной бедренной артерии индекс резистентности достоверно не отличался от контрольных величин ( $0,81 \pm 0,05$ ) и составлял  $0,83 \pm 0,10$  ( $p > 0,05$ ). Средняя скорость кровотока уменьшилась до  $61,63 \pm 1,99$  см/сек при  $58,28 \pm 2,95$  см/сек в магистральной артерии контрлатеральной конечности ( $p > 0,05$ ). Индекс пульсативности повреждённого сосуда достигал  $4,01 \pm 0,28$  ( $p > 0,05$ ) и практически соответствовал таковому в интактном сосуде ( $4,21 \pm 0,11$ ). Перечисленные показатели практи-

чески соответствовали аналогичным данным контрлатеральной конечности, что свидетельствовало о восстановлении кровотока и сети коллатеральных сосудов.

Изучение макропрепаратов оперированной артерии подтверждало сохранение проходимости области анастомоза.

При гистологическом исследовании повреждённой артерии было показано, что интима ещё более уплотчалась по сравнению с таковой в предыдущие сроки наблюдения. Выявлялось восстановление структуры сосудистой стенки в зоне анастомоза.

При рентгенологическом исследовании у всех животных костный регенерат в области перелома был одинаковой плотности с прилежащими участками неповрежденной кости. Отмечалось формирование кортикального слоя и костномозгового канала. Хорошо визуализировалась периостальная костная мозоль, более выраженная в местах проведения спиц.

Морфологически в составе костного регенерата определялась пластинчатая костная ткань. В камбиальном слое периоста оставались единичные участки пролиферации клеточных элементов. В интермедиарной зоне имелись остатки хрящевой ткани в виде групп, либо одиночных хондроцитов.

Данные изменения характеризовали преобладание зрелой костной ткани. Длина, форма и функции конечности не были нарушены.

Таким образом, проведённые исследования (доплерографические, ангиографические, рентгенологические, гистологические, изучения макропрепаратов) свидетельствовали о том, что предлагаемая методика позволяет сохранить жизнеспособность конечности. При укорочении повреждённого сегмента за счёт дефекта костных структур более 3 см создаются условия для наложения сосудистого анастомоза «конец в конец» после резекции сосуда до неповреждённых участков интимы. Обеспечивается состоятельность сосудистого анастомоза без образования стеноза и развития тромбообразования. Изучение динамики морфологической картины зоны анастомоза показало отсутствие дистрофических и дегенеративных изменений тканей в отдаленные сроки после

операции. Фибриновая вставка к 30-м суткам полностью замещалась эндотелиальными клетками. В данные сроки была выявлена переориентация гладкомышечных клеток медики из циркулярного положения в продольное, что свидетельствовало о росте сосуда.

В дальнейшем появляется возможность восстановить исходную длину кости и артерии за счёт формирующихся собственных клеточных структур с помощью внеочагового остеосинтеза компрессионно-дистракционными аппаратами. При изучении процессов консолидации области перелома гистологически подтверждается развитие остеогенеза по вторичному типу. Сохраняющийся кровоток в магистральной артерии способствовал развитию коллатералей, что благоприятно влияло на остеогенез. В течение двух месяцев после операции преобладали соединительнотканная и хрящевая ткани над костной, а к четвертому месяцу в регенерате превалирует пластинчатая костная ткань. Таким образом, окончательно формируется зрелый костный регенерат, обеспечивая стабильность области повреждения, полное восстановление опороспособности конечности. Полностью восстанавливаются длина, опороспособность и локомоторные функции поврежденной конечности.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан способ одномоментного восстановления огнестрельного повреждения кости и сосуда с дефектом более 3 см, который предполагает сопоставление костных отломков и обеспечение их компрессии. За счёт укорочения сегмента конечности поврежденный сосуд сшивается «конец в конец» с резекцией концов артерии до уровня неповрежденной интимы.

2. Рост артерии происходит за счёт образования новых клеточных структур в процессе дистракции без развития осложнений. Восстановление дефекта костной ткани происходит к 4-му месяцу лечения по механизму вторичного остеогенеза.

3. Состояние гемодинамики в оперированной конечности характеризуется сохранением кровотока в магистральной артерии, сопровождаясь уменьшением индекса пульсативности, увеличением индекса резистентности и скорости кровотока в связи с развитием посттравматического отёка конечности, сужением просвета области анастомоза сшиваемой артерии и выключением из кровообращения коллатеральных сосудов. Восстановление показателей кровотока происходит к 60 суткам исследования за счёт формирования эндотелиального слоя по линии анастомоза, восстановления длины и диаметра сосуда, его упруго-эластических свойств и сети коллатералей.

4. Напряжение растяжения возбуждает рост и поддерживает регенерацию клеточных структур сосуда и кости, способствуя восстановлению утраченного сегмента конечности. Сохранение и стимуляция адекватного кровоснабжения ускоряет остеогенез и к 120-м суткам позволяет сформировать зрелую костную ткань образовавшегося регенерата.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При первичной хирургической обработке огнестрельных переломов костей конечностей не следует удалять все костные отломки, кроме явно разрушенных, потерявших связь с надкостницей.

2. Костные отломки сопоставляются с укорочением конечности, необходимым для сшивания дефекта сосуда без натяжения и стабилизируются аппаратами внешней фиксации.

3. Сосудистый анастомоз формируется отдельными узловыми швами нерассасывающимся материалом на атравматической игле с тщательной адаптацией интимы артерии по линии анастомоза, под углом 50-60°.

4. С целью профилактики осложнений в раннем послеоперационном периоде необходимо применение активного проточно-промывного дренирования огнестрельной раны.

5. Для улучшения реологических свойств крови и предупреждения тромбообразования, а также восстановления регионарной микроциркуляции в повреждённой конечности необходимо в течение 7-и суток после операции применять антикоагулянты (раствор гепарина подкожно в дозе 100 мг/кг/сут, в течение 2-х суток, на 3-и сутки доза снижается до 50 мг/кг/сут, на 4-е сутки до 10 мг/кг/сут, далее введение прекращается) и спазмолитики (раствор папаверина 2 мл внутримышечно).

6. Темп distraction отломков длинных трубчатых костей не должен превышать 1,0 мм в сутки в четыре приема по 0,25 мм, чтобы адекватно стимулировать формирование собственных клеточных структур до восстановления исходной длины конечности.

**СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ  
ДИССЕРТАЦИИ**

1. Штейнле, А.В. Первичный шов при повреждении бедренной артерии / А.В. Штейнле, Е.В. Гаврилин, К.Ю. Дудузинский // Травматология и ортопедия XXI века: сб. тез. докл. VIII съезда травматологов-ортопедов России: В 2 т. Т. I / под ред. С.П. Миронова, Г.П. Котельникова. – Самара: Офорт ; Самарский гос. мед. ун-т, 2006. – С. 367.
2. Первичный шов бедренной артерии при огнестрельном костно-артериальном повреждении / А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский, М.Н. Трифонов, Р.В. Семакин // Матер. Всероссийской науч.-практ. конф. «Стандартизация медицинских технологий, реабилитации в ангиологии и сосудистой хирургии», – Кемерово: Медицина и Просвящение, 2006. – С. 116.
3. Дудузинский, К.Ю. Возможности снижения травматизации кости при остеосинтезе / К.Ю. Дудузинский, А.В. Штейнле // Науки о человеке: матер. VIII конгр. молодых ученых и специалистов / под ред. Л.М. Огородовой, Л.В. Капилевича. – Томск : СибГМУ. – 2007. – С. 261.
4. Штейнле, А.В. Оптимизация лечения костно-артериальных огнестрельных повреждений конечностей / А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский // Науки о человеке: матер. VIII конгр. молодых ученых и специалистов / под ред. Л.М. Огородовой, Л.В. Капилевича. – Томск : СибГМУ. – 2007. – С. 126-127.
5. Штейнле, А.В. Первичная хирургическая обработка при огнестрельном костно-артериальном повреждении конечности / А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский // Матер. междунар. конф. «Новое в пластической хирургии и комбустиологии». – СПб.: Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования, 2007. – С. 106.
6. Штейнле, А.В. Оптимизация обучения специалистов хирургов по навыкам сосудистого шва / А.В. Штейнле, Е.В. Гаврилин, К.Ю. Дудузинский // Матер. междунар. конф. «Новое в пластической хирургии и комбустиологии». –

СПб.: Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования, 2007. – С. 105.

7. Дудузинский, К.Ю. Восстановление дефекта артерии при костно-артериальных огнестрельных повреждениях конечностей // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – № 8. – С. 42-43.

8. Гаврилин, Е.В. Перестройка структуры distractionного регенерата длинных трубчатых костей конечностей при огнестрельных переломах / Е.В. Гаврилин, К.Ю. Дудузинский, А.В. Штейнле // *Матер. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава Томского военно-медицинского института 2006-2007 гг. «Актуальные вопросы медицинского обеспечения войск, подготовки и усовершенствования военно-медицинских кадров»*, – Томск, 2007. – С. 51-52.

9. Гаврилин, Е.В. Восстановление дефекта артерии при огнестрельных костно-сосудистых ранениях конечностей / Е.В. Гаврилин, А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский // *Матер. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава Томского военно-медицинского института 2006-2007 гг. «Актуальные вопросы медицинского обеспечения войск, подготовки и усовершенствования военно-медицинских кадров»*, – Томск, 2007. – С. 52-53.

10. Штейнле, А.В. Сосудистый шов как альтернатива временному протезированию / А.В. Штейнле, Е.В. Гаврилин, К.Ю. Дудузинский // *Матер. II междунар. науч. конф. «Новые оперативные технологии (анатомические, экспериментальные и клинические аспекты)»*, – Томск, 2007 г. – С. 120-127.

11. Разработка в эксперименте одномоментной реконструктивно-восстановительной операции при огнестрельном костно-артериальном повреждении конечности / А.В. Штейнле, Е.В. Гаврилин, К.Ю. Дудузинский и др. Семакин // *Матер. II междунар. науч. конф. «Новые оперативные технологии (анатомические, экспериментальные и клинические аспекты)»*, – Томск, 2007 г. – С. 127-130.

12. Штейнле, А.В. Статистика боевых ранений сосудов и классификации ишемии конечности / А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский // Матер. II междунар. науч. конф. «Новые оперативные технологии (анатомические, экспериментальные и клинические аспекты)», – Томск, 2007 г. – С. 131-135.

13. Штейнле, А.В. Актуальные вопросы терминологии и классификации повреждений кровеносных сосудов / А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский, М.А. Хежев // Матер. II междунар. науч. конф. «Новые оперативные технологии (анатомические, экспериментальные и клинические аспекты)», – Томск, 2007 г. – С. 136-137.

14. Эпидемиологический мониторинг и анализ возбудителей хирургической инфекции и их чувствительности, выявленных при заборе из нагноившихся ран у больных в отделениях хирургического профиля / А.В. Штейнле, А.Г. Михайлов, К.Ю. Дудузинский, Е.В. Гаврилин // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2007. – № 4 прил. – С. 98-99.

15. Клинические и микробиологические аспекты профилактической антибактериальной терапии в травматологии и ортопедии на основании эпидемиологического мониторинга / А.В. Штейнле, А.Г. Михайлов, К.Ю. Дудузинский, Е.В. Гаврилин // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2007. – № 4 прил. – С. 99-100.

16. Возможности клинико-экономического анализа антибактериальной терапии гнойных хирургических осложнений в деятельности санитарно-эпидемиологической службы / А.В. Штейнле, А.Г. Михайлов, К.Ю. Дудузинский, Е.В. Гаврилин // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2007. – № 4 прил. – С. 100.

17. Методология моделирования огнестрельных ранений конечностей / А.В. Штейнле, Ф.В. Алябьев, К.Ю. Дудузинский и др. // Сибирский медицинский журнал. – 2007. – 2008. – Т. 23, № 1. – С. 74-81.

18. Пат. 59394 Россия, А61В17/56. Спица для остеосинтеза / Е.В. Гаврилин, А.В. Штейнле, К.Ю. Дудузинский (Россия). – № 2006128758/22; Заявлено 07.08.06; Оpubл. 27.12.06, Бюл. № 36. – ч. III. – 498 с.



Тираж 100. Заказ № 442.  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40