

УДК 616.71:616.14]-001.5.-089.84:620.3

А.В. Штейнле*, **Н.В. Рязанцева*****,
Е.В. Гаврилин*, **Г.П. Хандорин****, **Г.И. Дубов****,
В.И. Мазин**, **Л.А. Штейнле***,
Л.Р. Мустафина***, **Т.М. Коботаева***,
В.Н. Сунцов*, **Л.А. Ефтеев***, **Б.В. Бодоев***,
О.В. Попёнов*, **И.М. Скурихин***, **С.В. Выжанов***

E-mail: steinle@mail.tomsknet.ru

ЧРЕСКОСТНЫЙ ОСТЕОСИНТЕЗ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ СОЧЕТАННЫХ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ КОСТНО-ВЕНОЗНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

* Томский военно-медицинский институт;

** Томский атомный центр;

*** ГОУ ВПО Сибирский государственный
медицинский университет Росздрава, г. Томск

*Время оценит лучше нас и наши действия,
и наши убеждения, а мы будем утешать себя
тем, что и здесь, на земле, где все происходит,
есть для нас одно неразрушимое – это гос-
подство идеи, а если мы верно служили идее,
которая, по нашему убеждению, вела нас к
истине путем жизни, науки и школы, то бу-
дем надеяться, что и поток времени не уне-
сет ее вместе с нами.*

Н.И. Пирогов

Боевые повреждения конечностей в современных локальных конфликтах достигают 70-75% в структуре санитарных потерь [2, 3, 4, 6, 7, 8, 16]. При пулевых ранениях конечностей сочетанные огнестрельные костно-венозные повреждения, по данным различных авторов, составляют 11-54% [10, 19, 20, 24, 26, 27, 34, 35, 43, 46, 49]. По опыту медицинского обеспечения 33-дневного Ливано-Израильского конфликта (12 июля – 15 августа 2006 г.) в результате нанесения огнестрельных ранений стальными шариками, кубиками, осколками снарядов и ракет огнестрельные переломы конечностей сопровождались повреждениями магистральных вен конечностей в 100% случаев [41]. По данным разных авторов в 30-70% [31, 39, 48, 42] сочетанные огнестрельные костно-венозные повреждения сопровождаются послеоперационными тромбозами области анастомоза, тромбоэмболией легочной артерии – в 3%, в 25% – ампутациями, летальность достигает 12-21% [10, 19, 20, 36].

Основным методом хирургического лечения огнестрельных повреждений артерий и вен во Вторую мировую войну была перевязка сосудов в ране [13], что сопровождалось ампутациями в 73% [29]. Широкое внедрение агрессивной реконструктивно-восстановительной тактики по восстановлению повреж-

денных сосудов при огнестрельных ранениях конечностей началось в локальных войнах, которые вели США в Корею (1950-1953) и во Вьетнаме (1965-1973). В начале войны в Корею хирурги передовых госпиталей армии США, как правило, перевязывали поврежденные артерии, сосудистый шов в руках неподготовленных общих хирургов заканчивался тромбозом в 70-100% случаев [32]. Начальный опыт локального конфликта в Корею был проанализирован, и в передовые лечебные учреждения были направлены исследовательские группы, укомплектованные сосудистыми хирургами со специальным оснащением. Внедрение восстановительных методов лечения ранений артерий в ранние сроки снизило частоту ампутаций до 10-15% [32, 33, 52]. Уроки войны в Корею были учтены во Вьетнаме. Отработка основных навыков по сосудистой хирургии в США в середине XX века была введена в программу обязательной пятилетней подготовки общих хирургов («резидентуры»). Именно направляемые в передовые госпитали молодые военные хирурги, имеющие навыки сосудистого шва, начали эру восстановительного лечения боевых ранений сосудов. Рутинное круглосуточное использование обратных рейсов военных транспортных самолетов и вертолетов для эвакуации снизило сроки доставки раненых на операционный стол к ангиохирургу не позже 2 часов с момента ранения, а порой до 35 минут, если доставка осуществлялась санитарным вертолетом [5, 22, 40]. В тыловых и передовых госпиталях действовали группы усиления по разным специальностям, их оснащение не уступало передовым клиникам. Бесперебойное снабжение консервированной кровью обеспечивали специальные «банки» крови. При отсутствии массовых санитарных потерь и уровне средней загрузки хирургических отделений госпиталей в 60% сложились благоприятные условия для лечения раненых [30, 38, 44, 45]. Для анализа лечения раненых с повреждениями магистральных сосудов в 1966 году при военном институте им. Уолтера Рида (США) был создан «Вьетнамский сосудистый регистр», куда заносились сведения на каждого раненого [44]. Результаты соединения вышеперечисленных факторов были впечатляющими по сравнению с данными Второй мировой войны (число ампутаций уменьшилось до 13%) и оказали сильное влияние на развитие хирургии повреждений сосудов. Опыт вьетнамского организационного и «агрессивного» хирургического восстановительного подхода к лечению ранений артерий и вен был вскоре перенесен в США в условия мирного времени. Это позволило снизить частоту ампутаций и в мирное время до 4% и даже до нуля [46, 49]. Для военных хирургов других стран апробированная во вьетнамской войне лечебная тактика и сегодня остается эталоном [37, 47, 50, 51, 53].

Современная военно-медицинская доктрина промышленно развитых государств в отношении лечения ранений сосудов практически однотипна; она

исходит из опыта локальных войн и рассчитана на рутинное использование авиасанитарной эвакуации [2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 21, 36, 46, 49]. При условии ранней доставки раненых перевязка магистральных сосудов не предусматривается в третьем издании *Emergency War Surgery USA 2004* года [29] и регламентирующих военно-медицинских руководствах других государств [23, 36, 37, 51]. Хирурги стран НАТО признают перевязку магистральных сосудов только в двух случаях. Первое – при нежизнеспособности конечности, когда сохранение жизни раненого доминирует над сохранением конечности. Второе – в случаях полномасштабной войны с большим количеством раненых, многоэтапной эвакуацией и недостаточным медицинским снабжением, в таких условиях, по их мнению, оптимальной будет ампутация конечности, так как предпринимаемые перевязки артерий будут сопровождаться гангреной в 45-85% случаев [23, 27, 37, 46, 49]. Тактика восстановления огнестрельно поврежденных вен конечностей аналогична повреждениям артерий. Она подразумевает несколько вариантов: шов вены, а для замещения дефектов вен и восстановления кровотока предусмотрены синтетические протезы и аутоины [2, 3, 12, 16, 18, 29]. В полевых условиях это не всегда выполнимо, особенно при множественных ранениях конечностей и при отсутствии искусственных протезов.

Значительным этапом в развитии хирургии повреждений конечностей стали разработка и внедрение метода чрескостного остеосинтеза. Надежная иммобилизация, возможность репозиции, наблюдения за раной, выполнения пластических операций, в том числе и на сосудах, и мобильность пострадавших делают данный способ иммобилизации перспективным при сочетанных огнестрельных костно-венозных повреждениях конечностей. Тем не менее, если в устранении дефектов диафизов длинных костей метод возбуждения дистракционного регенерата на основе чрескостного остеосинтеза позволил излечить и вернуть качество жизни многим раненым и пострадавшим, к сожалению, возможности использования эффекта «напряжения растяжения» в устранении сочетаний огнестрельных дефектов сосудов и костных дефектов конечностей не нашли применения.

Таким образом, увеличение количества сочетанных огнестрельных костно-венозных повреждений конечностей в структуре санитарных потерь в последние десятилетия и оставляющие желать лучшего результаты лечения этой категории раненых заставляют вести поиск новых способов лечения данной категории раненых.

Поэтому целью нашего исследования явилась экспериментальная разработка хирургической тактики по устранению костно-венозных дефектов более 3 см при сочетанных огнестрельных повреждениях конечностей путем одномоментного оперативного восстановления анатомической целостности и функции конечности на основе чрескостного остеосинтеза,

изучить особенности гемодинамики в различные сроки послеоперационного периода, оценить и провести коррекцию патофизиологических изменений, влияющих на кровоток и костеобразование в восстанавливаемом сегменте конечности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено 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 12.08.1987 г.), и с Федеральным законом о защите животных от жестокого обращения от 01.01.1997 г., а также Директивой 86/609 ЕЭС, основанной на тексте соглашения Dr. Robert Hubrecht, *Current EU Legislation Controlling Animal Experiments*. Материалом явились 36 взрослых беспородных собак с массой тела от 20 до 40 кг и длиной бедра не менее 18 см. Под внутривенным наркозом 10%-ного раствора тиопентала натрия из расчета 25 мг/кг массы тела выполняли венесекцию большой подкожной вены, устанавливали катетер, осуществляли интубацию трахеи. Наркоз поддерживали внутривенным введением кетамина гидрохлорида из расчета 1-1,2 мг/кг.

Модель сочетанного огнестрельного костно-венозного повреждения бедра получали выстрелом в упор из пистолета «Марголин» патронами калибра 5,6 мм. Через 6-8 секунд после ранения выполняли пальцевое прижатие для остановки кровотечения, накладывали кровоостанавливающий жгут, асептическую повязку, осуществляли иммобилизацию подручными средствами. Через 1-1,5 часа после ранения в условиях некомпенсированной ишемии по В.А. Корнилову [2, 14, 17, 18] выполняли контроль жгута, после чего приступали к первичной хирургической обработке сочетанного огнестрельного костно-венозного повреждения, которая являлась по своей сущности первичной реконструктивно-восстановительной операцией (патент на изобретение № 2349282 – способ лечения огнестрельных костно-сосудистых повреждений конечностей). Первичная хирургическая обработка состояла из двух этапов. Первый – остеосинтез огнестрельного перелома бедра. Но прежде для профилактики дальнейшего развития ишемии выполняли временное восстановление кровотока. После ослабления жгута и прижатия поврежденной вены на протяжении ее обнажали широким доступом независимо от хода раневого канала и предстоящих разрезов первичной хирургической обработки и накладывали на нее резиновый турникет. Таким же образом поступали с веной дистальнее раны. Далее приступали к обнажению вены на уровне ранения. Просвет самой поврежденной вены очищался от тромбов. При сочетанных огнестрельных костно-венозных повреждениях конечностей применяемая нами техника временного

восстановления кровотока отличалась от рекомендуемой методики временного протезирования для двухэтапного лечения. Отличий было два: 1) трубка соответствующего сосуда диаметра закреплялась резиновыми турникетами, которые не повреждали сосудистую стенку; 2) применялись не линейные, а длинные петлеобразно изогнутые протезы, что позволяло далее безопасно проводить остеосинтез и другие манипуляции. Остеосинтез: через проксимальный и дистальный отломки перекрестно проводили спицы с оригинальной заточкой (патент на полезную модель № 59394 – спица для остеосинтеза), которые фиксировали на дуговых и кольцевых металлических опорах с натяжением. Данные опоры соединяли между собой стержнями со сплошной нарезкой, в которых развивали компрессионные усилия до стыковки отломков, на которых при необходимости выполняли краевую резекцию. Это приводило к гофрированию-укорочению сегмента до 20% его длины, что позволяло позже свести до контакта концы поврежденной бедренной артерии. Второй этап – сосудистый шов. Перед наложением сосудистого шва иссекали только явно нежизнеспособные окружающие ткани, удаляли мелкие костные осколки, инородные тела и сгустки крови. При анализе объема последних было установлено, что кровопотеря у всех животных составляла $188 \pm 14,6$ мл. На центральный и периферический концы вены накладывали зажимы Сатинского. Снимали резиновые турникеты, удаляли протез. Иссекали поврежденные участки концов вены до 1,0-1,5 см на каждом. Концы вены после иссечения адаптировали для последующего наложения сосудистого шва, чтобы они были конгруэнтны, а избытки адвентиции не попадали в просвет сосуда. Неоднократно смачивали концы сосуда гепарином. Костные отломки, сопоставленные с укорочением конечности и уже стабилизированные в аппарате чрескостного остеосинтеза, позволяли сшить циркулярным сосудистым швом центральный и периферический концы под углом до $50-60^\circ$ по отношению к поперечному сечению сосуда без натяжения и гофрирования. Восстановление кровотока проверяли путем снятия сосудистого зажима прежде с периферического конца, затем – с центрального (см. рис. 1, обложка 3). По окончании операции область сосудистого шва прикрывалась мышечными тканями. Для осуществления в послеоперационном периоде проточно-промывного дренирования и исследования дренажного отделяемого к области огнестрельного ранения устанавливали дренажные трубки. Закрытие образовавшейся после хирургической обработки раны осуществляли 2 вариантами в 2 группах с равным количеством животных: 1) марлевыми салфетками, пропитанными водорастворимыми мазями или 2) асептической абсорбирующей повязкой на основе наноструктурированного терморасширенного графита. Выполняли противовоспалительную блокаду (по И.И. Дерябину – А.С. Рожкову) [15] путем введения в окружность

раны 0,25%-ного раствора новокаина – 100 мл, 90 мг преднизолона, 30000 ЕД контрикала, цефазолин 1 г. По показаниям во временном промежутке 2-12 суток рану ушивали первичными отсроченными, вторичными ранними или же вторичными поздними швами. В первые дни после операции проводили профилактику тромбообразования введением гепарина в дозе 100 мг/сут в течение 2 суток. Далее дозу снижали: на третьи сутки – до 50 мг/сут., на четвертые – до 10 мг/сут., после чего введение прекращали. Через 10 суток после операции начинали восстановление длины сегмента конечности возбуждением дистракционных усилий между состыкованными костными отломками в системе «аппарат чрескостного остеосинтеза – конечность» со скоростью 0,25 мм \times 4 раза в сутки. Раннее начало дистракции позволяло быстрее осуществить восстановление длины – анатомии бедра, следовательно, в более короткие сроки устранить гофрирование мягких тканей поврежденного сегмента и улучшить трофику конечности. Сроки дистракции зависели от дефекта тканей сегмента конечности. В среднем размеры дефекта составляли $36 \pm 4,4$ мм. После восстановления длины сегмента конечности аппарат чрескостного остеосинтеза переводили в режим стабилизации до окончания формирования костного дистракционного регенерата, что завершалось к 120-м суткам, поэтому аппарат в этот срок демонтировали. Животные выводились из опыта путем передозировки наркотических препаратов.

Для характеристики консолидации огнестрельного перелома, восстановления проходимости артерии и течения раневого процесса на 1-10-е, 15-е, 30-е, 60-е, 90-е и 120-е сутки и 1 год после огнестрельного ранения проводили морфологические, цитологические, рентгенографические и ультразвуковые доплерографические исследования.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с применением методов статистического анализа, используемых в биологии и медицине, с помощью пакета прикладных программ «Statistica, ver. 6». Нормально распределяемые показатели приведены в их среднем значении со стандартным отклонением: $X \pm \sigma$. Достоверность различий анализировали с помощью непараметрического критерия Фридмана, с расчётом коэффициента конкордации Кендала, при дисперсионном анализе повторных измерений. Для оценки достоверности различий несвязанных выборок применяли критерий Манна-Уитни (U).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рентгенологическая картина поврежденных конечностей в 1-е сутки у всех животных соответствовала нанесенной огнестрельной травме, характеризовалась четкостью контуров отломков и осколков костей.

Макропрепараты бедренной кости в 1-е сутки после огнестрельных переломов характеризовались

большим количеством свободных и связанных с мягкими тканями костных осколков. Дефекты костей превышали 3 см и составляли 1/5-1/6 длины бедренной кости. Гистологически между концами отломков в параоссальных тканях отмечались сгустки фибрина, свернувшейся крови и множество мелких костных осколков. Надкостница у линии перелома была отслоена и разволокнена. Костный мозг костных обоих отломков был некротизирован на расстоянии до 1 см от огнестрельного перелома.

Макроскопически повреждения сосудов у всех животных сопровождалось образованием истинного дефекта длиной $14 \pm 0,77$ мм, а также последующим диастазом между разошедшимися концами сосуда до $38,66 \pm 2,92$ мм как следствие проведенного иссечения и большой эластичности образующих сосуд тканей. Видимые снаружи макроскопические изменения центрального и периферического концов сосудов составляли до $2,19 \pm 0,39$ мм. При осмотре просвета вены и микроскопическом исследовании определялось повреждение интимы на протяжении до $13,75 \pm 1,44$ мм, мышечной оболочки – до $6,66 \pm 0,54$ см, адвентиции – до $3,12 \pm 0,55$ мм. При изучении макропрепаратов после восстановления кровотока на внутренней стенке в области шва обнаруживался фибрин. Для его отложения требовалось не более 3-5 минут с момента восстановления кровотока. Во время операции из зоны швов после восстановления кровотока возникало незначительное кровотечение, которое через 3-5 минут прекращалось, так как все отверстия между швами закрывались фибрином – анастомоз приобретал герметичность. В зоне анастомоза откладывался циркулярный пристеночный тромб, который мы далее именуем «фибриновой вставкой». Иногда она была в виде довольно тонкой пленки, а в некоторых случаях – в виде более толстых напластований. Первоначальная «фибриновая вставка» легко отделялась от места сшивания, так как была связана с ним весьма непрочной. При гистологическом исследовании восстановленной вены было установлено, что в 1-е сутки после операции по линии анастомоза развивались некробиотические процессы в виде распада части гладкомышечных волокон, разрушения и исчезновения ядер. Вокруг анастомоза и в стенке вены определялась воспалительная реакция. В препаратах были видны скопления лейкоцитов, наблюдалось расширение мелких сосудов. Местами можно было видеть набухание адвентиции, что также свидетельствовало о воспалительных изменениях. Внутренняя вставка состояла из слоя фибрина. К 3-м суткам в области анастомоза определяется очаговый фибриноидный некроз, перифокальная лимфолейкоцитарная инфильтрация, отек, очаговые кровоизлияния в стенку сосуда. Vasa vasorum полнокровны, с явлениями лейкостаза, единичные из них тромбированы, а к 10-м суткам вокруг шовного материала определялся очаговый фибриноидный некроз, грануляционная ткань с выраженной лимфо-

плазмоцитарной инфильтрацией, множеством новообразованных капилляров. Стенки vasa vasorum инфильтрированы мононуклеарными клетками.

В 1-е сутки после операции на флебограммах определялась проходимость поврежденной бедренной вены с сужением в месте ее сшивания. Подтекания контрастного вещества через зону швов не определялось. Допплерографически установлено, что скорость кровотока в восстановленной вене снижалась более чем в шесть раз и составляла в среднем $7,48 \pm 0,59$ см/сек. В интактной вене скорость кровотока составляла $44,9 \pm 1,75$ см/сек. Диаметр просвета анастомоза восстановленной вены составлял $4,22 \pm 0,28$ мм ($p < 0,05$), интактной – $5,41 \pm 0,25$ мм.

Таким образом, в 1-е сутки после операции отмечалось резкое снижение скорости кровотока в восстановленной вене и уменьшение ее диаметра, что соответствует ряду специфических особенностей вен, обусловленных низким давлением в них, замедленным кровотоком нежностью венозной стенки и большей способностью венозной крови к тромбообразованию. Не случайно в связи с низким давлением в венозной системе и широким диапазоном его колебаний А.А. Вишневецкий назвал ее «системой низкого давления» [12]. Кроме того, сыграли пагубную роль и травматический отек в мягких тканях, временное гофрирование мягких тканей из-за укорочения сегмента конечности, что сдавливало мелкие сосуды и нарушало кровоток. Развитие рубцового процесса в результате асептического воспаления или организации пристеночной гематомы при низком венозном давлении закономерно вызывает сужение просвета венозного сосуда [12]. С учетом того, что следствием наложения любого сосудистого шва является образование соединительнотканного рубца по линии анастомоза, а при созревании соединительная ткань имеет тенденцию к сморщиванию, в условиях низкого венозного давления и при нежности стенок вен слишком высок риск значительной деформации, сужения линии анастомоза и тромбоза в этой области. Поэтому выполненное нами во всех случаях сшивание вен по срезу под углом $50-60^\circ$ к их поперечнику увеличивало площадь соприкосновения и «противостояло» деформации, сужению и тромбозу. Имевшееся сужение было компенсированным, нарушений кровотока и тромбообразования в месте сшивания не отмечалось. Выявленные отложения фибрина в области шва сглаживали внутреннюю поверхность зоны анастомоза и обеспечивали его герметичность.

Через 15 суток после операции (5 суток distraction) при рентгенологическом исследовании у всех животных интенсивность тени краев отломков и осколков снижалась. Определялась формирующаяся периостальная костная мозоль. Диастаз между отломками составлял 5 мм.

При исследовании макропрепаратов бедренных костей на 15-е сутки после операции определялась

патологическая подвижность в области перелома, которая отличалась от прежнего срока меньшей крепитацией и меньшей амплитудой движения костных отломков, т.к. последние контактировали между собой через мягкую костную мозоль. После рассечения и осмотра сегмента с последующим вывариванием обнаруживались костные осколки, связанные с мягкими тканями. Гистологически определялось образование периостальной костной мозоли. Из камбиального слоя надкостницы в формирующуюся костную мозоль вращалась остеогенная ткань (кровеносные сосуды, остеобласты, остеокласты и ретикулярные клетки). Остеокласты резорбировали поврежденную костную ткань. В костные каналы и трещины из соединительной ткани, заполнявшей дефект кости, вращались капилляры.

Через 15 суток после операции на макропрепаратах вен снаружи область анастомоза покрывалась соединительной тканью. При продольном рассечении определялось уменьшение толщины «фибриновой вставки» и сглаживание неровностей в просвете вены (см. рис. 2, обложка 3).

При гистологическом исследовании восстановленной бедренной вены на 15-е сутки вокруг шовного материала сохранялись мелкие очаги фибриноидного некроза, определялось разрастание грубоволокнистой соединительной ткани с диффузной выраженной лимфомоноцитарной инфильтрацией, которая также определялась вокруг *vasa vasorum*. Во всех слоях стенки вены умеренно выражен стромальный отек. Имели место характерные изменения эндотелиального слоя для начального режима distraction: клетки выглядели набухшими, ядра гиперхромными, овальной формы, ориентированными перпендикулярно длиннику сосуда, что соответствует литературным данным [11]. Таким образом, венозная стенка в области повреждения не только восстанавливала обычное строение, но и начинала расти, в том числе за счет стимуляции distraction (см. рис. 3, 4, обложка 3).

Флебологически на 15-е сутки проходимость вены сохранялась. Определялось незначительное сужение зоны анастомоза без признаков ее разрушения. Допплерографические исследования в этот срок нарушений проходимости вены не обнаружили. Скорость кровотока в восстановленной вене возрастала по сравнению с 1-ми сутками после операции с $7,48 \pm 0,59$ см/сек ($p < 0,05$) до $9,23 \pm 1,58$ см/сек. В области анастомоза определялось незначительное сужение вены $4,34 \pm 0,19$ мм, $p < 0,05$ против $5,24 \pm 0,45$ мм в интактной вене, что расценивалось нами как начало не только восстановления анатомии и функции венозной системы, но и уменьшения отека бедра под влиянием distractionного воздействия на сегмент конечности.

Таким образом, к 15-м суткам в оперированной конечности определялось уменьшение травматического отека, однако сохранялись нарушения микроциркуляции, что находило подтверждение в по-преж-

нему низкой скорости кровотока и уменьшенном диаметре вены.

На 30-е сутки исследования период distraction достигал середины своей продолжительности и составлял 20 дней. При рентгенологическом исследовании на фоне остеопороза определялись и признаки костного distractionного регенерата. Зона перелома была частично заполнена формирующимся костным distractionным регенератом неоднородной структуры с низкой оптической плотностью, длина которого составляла до 20 мм. Периостальная костная мозоль определялась более выраженной, надкостница – утолщенной.

В макропрепаратах костей на 30-е сутки после операции отсутствовала патологическая подвижность. Костные отломки удавалось разъединить только при вываривании. Обнаруженные костные осколки к этому сроку приросли к основным костным структурам. Гистологически в области огнестрельного перелома обнаруживали более совершенные костные перекладины с остеоцитами в их полостях. По периферии костные перекладины были окружены остеобластами и остеокластами. Более четко выявлялись гаверсовы системы и вставочные пластинки. В гаверсовых каналах осколков определялись кровеносные сосуды. Остеобласты осколков продуцировали волокнистую костную ткань, которая в виде разветвленных костных балок росла от поверхности осколка и срасталась с регенератом. Регенерат состоял большей частью из хрящевой и соединительной тканей.

К 30-м суткам в макропрепаратах вен «фибриновая вставка» сглаживалась и полностью покрывалась эндотелием. Попытки отделить ее не удавались. На продольном разрезе визуализировалась блестящая интима без разрывов и дефектов. Зона анастомоза проходима, эластична, легко растяжима и более прочна, чем в прежние сутки. Гистологически вокруг нитей шовного материала определялось разрастание грубоволокнистой соединительной ткани с умеренно выраженной лимфомоноцитарной инфильтрацией. Вокруг *vasa vasorum* сохранялась умеренная круглоклеточная инфильтрация, слабовыраженный отек. Сохранялась пролиферация эндотелия под воздействием эффекта напряжения растяжения (см. рис. 5, обложка 3).

На флебограммах к 30-м суткам проходимость зоны анастомоза сохранялась. Диаметр просвета вены по линии швов оставался незначительно суженным.

При доплерографическом исследовании, проведенном на 30-е сутки (20 суток distraction), скорость кровотока продолжала повышаться, составляя $13,29 \pm 1,80$ см/сек ($p < 0,05$). Диаметр просвета восстановленной вены возрастал и составлял $4,76 \pm 0,12$ мм, $p > 0,05$ против $5,01 \pm 0,15$ мм в интактной вене.

Полученные флебологические и доплерографические данные подтверждали проходимость вены, восстановление микроциркуляторного русла и развитие коллатералей, что приводило к лучшему кро-

воснабжению мягких тканей и кости оперированной конечности. Данные изменения благоприятно сказывались и на процессе остеогенеза.

На 60-е сутки после операции аппарат чрескостного компрессионно-дистракционного остеосинтеза находился уже в режиме стабилизации в среднем 20 суток. Рентгенологическое исследование к этому сроку наблюдения выявило наличие более плотной тени костного регенерата в области перелома. Костные балки в зонах, соответствующих кортикальному слою, становились более плотными. Длина костного регенерата составляла 3-3,5 см.

Макропрепараты костей на 60-е сутки после операции характеризовались отсутствием патологической подвижности после демонтажа аппарата. Костных осколков при вываривании не обнаруживалось. Анатомия и длина бедренной кости были восстановлены. Обращала на себя внимание грубая неровность поверхности поврежденной кости, напоминавшая собой кору дуба, более выраженная в местах проведения спиц. Гистологически в этот срок в костном регенерате прослеживались явления энхондрального остеогенеза; определялись пластинчатая и волокнистая костная ткани, хрящевая и соединительная ткани.

В макропрепаратах сосудов через 60 суток после операции область анастомоза покрыта эластичной соединительной тканью. На продольном разрезе анастомоз проходим, интима представлялась блестящей и прозрачной. Зона анастомоза была эластична и легко растяжима. Существенных отличий от 30-х суток после операции не отмечено. Гистологически определялось дальнейшее уплощение интимы. Воспалительных изменений к этому периоду в адвентиции не определялось. Произшедшие изменения характеризовали несколько продолжавшийся по инерции после окончания дистракции и завершившийся процесс роста интимы, мышечной стенки.

При доплерографическом исследовании на 60-е сутки (10 суток после операции, 30-40 суток дистракции, 10-20 суток последующей стабилизации) скорость кровотока в оперированной бедренной вене достигала скорости в интактной вене и составляла $43,74 \pm 3,01$ см/сек ($p < 0,05$) и достоверно не отличалась от таковой в интактной вене, в которой составляла $44,89 \pm 2,16$ см/сек. Диаметр просвета восстановленной вены $5,1 \pm 0,14$ мм ($p > 0,05$), интактной $5,1 \pm 0,18$ мм. Выявленные доплерографические изменения расценивались нами как продолжение восстановительного процесса в поврежденной конечности. Диаметр просвета сосуда, скорость кровотока приближались к аналогичным показателям в интактной вене.

Флебографические исследования подтверждали проходимость бедренной вены, при анализе не удалось четко обнаружить область анастомоза, что расценивалось нами как восстановление эластичности исследуемой зоны.

Таким образом, на 60-е сутки выявленные изменения подтверждали продолжающийся восстановительный процесс в восстановленной магистральной вене оперированной конечности. Характерным было также восстановление эластических свойств оперированной вены, что подтверждалось изучением макропрепаратов флебограмм и доплерограмм.

На 90-е сутки после операции наступала консолидация огнестрельного перелома, аппарат чрескостного остеосинтеза был демонтирован. В области шва вены определялся зрелый соединительнотканый рубец, сохранялась умеренная лимфоноцитарная инфильтрация вокруг *vasa vasorum*. Эндотелиоциты принимали плоскую форму с ядрами, вытянутыми вдоль оси сосуда, что соответствовало завершению восстановления анатомии (дефекта) и функции (проходимости) вены под воздействием эффекта «напряжения растяжения» и давности перевода аппарата чрескостного остеосинтеза в режим стабилизации (см. рис. 6, 7, обложка 3).

На 120-е сутки животные без иммобилизации в течение 30 суток свободно опирались на восстановленную конечность.

При рентгенологическом исследовании у всех животных костный регенерат к 120-м суткам приобретал плотность, соответствующую нормальной костной плотности диафиза. Отмечалось формирование кортикального слоя и костномозгового канала, хорошо визуализировалась периостальная костная мозоль, особенно в местах проведения спиц.

Поверхность макропрепаратов костей на 120-е сутки более гладкая. В местах проведения спиц напластования костной ткани уменьшались. Спицевые зарастали, но не в полной мере. Восстановленная после повреждения бедренная кость по сравнению с контрлатеральной несколько толще. Подтверждались рентгенологические данные о восстановлении костномозгового канала.

На 120-е сутки исследования отмечалась оссификация регенерата, что свидетельствовало об ускорении регенерации при дистракционном остеосинтезе. В условиях остеосинтеза в режиме стабилизации эти сроки более длительны – область перелома начинает приобретать костную плотность лишь к шестому месяцу наблюдения [1]. В условиях наших экспериментов уже на четвертый месяц костный регенерат состоял на 85% из костной ткани и лишь на 15% из хрящевой, что подтверждалось гистологическими исследованиями.

При исследовании на 120-е сутки макропрепаратов вен изменений по сравнению с таковыми в предыдущие сроки не отмечалось. Область анастомоза была также эластична и легко растяжима. Гистологически сохранялась умеренная пролиферация эндотелиоцитов. Набухания мышечных волокон медики выявлено не было. Структура адвентиции становилась более четкой.

При доплерографическом исследовании на 120-е

сутки скорость кровотока в восстановленной вене $44,11 \pm 0,99$ см/сек ($p > 0,05$) приближалась к таковой в интактной $44,91 \pm 1,01$ см/сек. Нарушения кровоснабжения оперированной конечности обнаружено не было. Конечности одинаковы по объему и длине (см. рис. 8, обложка 3).

Изучение на 120-е сутки флебограмм подтвердило сохранение проходимости бедренной артерии. Четко прослеживалась коллатералей. Область анастомоза, как и в предыдущие сроки исследования, не определялась, что свидетельствовало о восстановлении эластичности сосудистой стенки, магистрального и коллатерального кровотока.

Таким образом, к 120-м суткам восстановительные процессы после сочетанного костно-артериального огнестрельного повреждения конечности завершались. Анатомия и функция конечности были восстановлены.

Несмотря на чрезмерность получаемой доказательной базы, с точки зрения принципов разумной достаточности, мы не смогли удержаться от искушения проследить результаты наблюдений через 1 год после огнестрельного костно-артериального повреждения конечности и его оперативного лечения.

Макропрепарат костей через 1 год после операции становился более гладким, диафиз исследуемой бедренной кости был утолщен по сравнению с контрольной.

При гистологическом исследовании костей через 1 год после ранения и операции в зоне окрепшего distractionного регенерата была полноценная костная ткань с лакунами, заполненными красным костным мозгом. На продольных и поперечных срезах четко определяются костные пластинки, формирующие остеоны, а также слой наружных генеральных пластинок и внутренних пластинок. Хорошо визуализируются каналы остеонов, содержащие умеренно полнокровные сосуды. Костно-мозговой канал заполнен клеточными элементами костного мозга (см. рис. 9, обложка 3).

Изучение гистологической картины зоны анастомоза через 1 год не выявило значительных отличий от контроля.

При доплерографическом исследовании через 1 год скорость кровотока в восстановленной вене почти близка к таковой в интактной артерии и составила $44,97 \pm 0,64$ см/сек ($p > 0,05$). В интактной вене скорость кровотока составляла $44,91 \pm 0,53$ см/сек. Нарушения кровоснабжения оперированной конечности обнаружено не было. Конечности одинаковы по объему и длине.

Выполненные через 1 год флебофические исследования подтвердили проходимость бедренной вены. Коллатеральная сеть более развита. Область анастомоза, как и в предыдущие сроки исследования, не определялась.

Таким образом, через 1 год после ранения и операции восстановление анатомии и функции конечнос-

ти после сочетанного костно-венозного огнестрельного повреждения конечности подтвердилось.

Необходимость динамического контроля эффективности первичной хирургической обработки, фаз раневого процесса сделали необходимым в первые 12 суток исследования осуществить цитологические исследования [12]. В наших экспериментах было два объекта цитологического исследования: 1) дренажное отделяемое из межмышечного пространства (помещенное на предметное стекло, но прежде центрифугируемое); 2) отделяемое с поверхности раны (мазки-отпечатки).

При исследовании дренажного отделяемого в 1-2-е сутки из форменных элементов преобладали эритроциты, лейкоциты встречались в виде единичных экземпляров. Число лейкоцитов составляло $8,06 \pm 2,86$ в поле зрения, признаки деструкции форменных элементов не выявлены, микрофлора не определялась. Содержание палочкоядерных лейкоцитов составило $1,00 \pm 0,01\%$, сегментоядерных – $94,33 \pm 0,77\%$, моноцитов – $1,83 \pm 0,38\%$, лимфоцитов – $2,83 \pm 0,38\%$. На 3-6-е сутки раневой процесс характеризовался воспалительным типом цитогрэм. На 6-9-е сутки раневой процесс переходил в воспалительно-регенераторный тип цитогрэм. К 10-12-м суткам наступал регенераторный тип цитогрэм.

Исследование раневого экссудата (мазки-отпечатки) выполнено на двух подгруппах, запускаемых в исследование одновременно: 1) с применением марлевых салфеток, пропитанных водорастворимыми мазями; 2) с применением асептической абсорбирующей повязки на основе наноструктурированного терморасширенного графита.

В первой подгруппе, в которой открытая огнестрельная рана закрывалась марлевыми салфетками, пропитанными водорастворимыми мазями, в 1-3-и сутки из форменных элементов преобладали эритроциты, лейкоциты встречались единично. Число лейкоцитов составляло $8,33 \pm 1,22$. Деструкция лейкоцитов достигает 35%. Микрофлора единичная в состоянии завершеного и незавершеного фагоцитоза. Палочкоядерные лейкоциты составили $1,31 \pm 0,12\%$, сегментоядерные – $87,11 \pm 0,13\%$, моноциты – $1,21 \pm 0,12\%$, лимфоциты – $2,99 \pm 0,15\%$. Этот период соответствовал дегенеративно-воспалительному типу цитогрэм [14]. На 4-6-е сутки раневой процесс характеризовался воспалительным типом цитогрэм, на 7-9-е воспалительно-регенераторным. К 10-12-м суткам раневой процесс соответствовал регенераторному типу цитогрэм. Все раны были ушиты вторичными поздними швами на 9-12-е сутки.

Во второй подгруппе после первичной хирургической обработки применялась асептическая адсорбирующая повязка (приоритет № 2009117067 от 4 мая 2009 г.) на основе графитовых частиц, представляющих собой расширенную форму интеркалированных соединений фторированного графита (ИСФГ). Графитовые частицы были сформированы

из фторированного графита, интеркалированного фторидами йода. В 1-2-е сутки из форменных элементов, как и в первой подгруппе, преобладали эритроциты и единичные лейкоциты без признаков деструкции. Микрофлора не определялась. Палочко-ядерные лейкоциты составили $1,11 \pm 0,10\%$, сегментоядерные – $88,12 \pm 0,43\%$, моноциты – $1,90 \pm 0,19\%$, лимфоциты – $2,92 \pm 0,18\%$. Деструкция лейкоцитов не превышала 25%. Единичная микрофлора в состоянии активного фагоцитоза. Длительность дегенеративно-воспалительного типа цитогрaмм в отличие от первой подгруппы составила 2-е суток. Воспалительный и воспалительно-регенераторный типы цитогрaмм во второй подгруппе, в отличие от первой, начинались раньше и укладывались в более короткие сроки – на 3-5-е сутки. На 6-е сутки у половины животных второй подгруппы были наложены первичные отсроченные швы. У другой половины животных второй подгруппы 6-8-е сутки стали переломным моментом – происходил переход во 2-ю фазу раневого процесса – регенерации. На 8-е сутки всем оставшимся животным были наложены вторичные ранние швы. Ни у одного из животных вторичные поздние швы не применялись.

Таким образом, проточно-промывное дренирование, осуществляемое в послеоперационном периоде после первичной реконструктивно-восстановительной операции сочетанного огнестрельного костно-венозного повреждения, позволяет эффективно санировать рану, удалять остатки гематомы, продукты деструкции тканей и токсины. Такой способ дренирования позволяет максимально сохранить сегмент конечности. Адсорбирующая повязка на основе ИСФГ в отличие от традиционных водорастворимых мазевых повязок при равных прочих условиях позволяет ускорить регенерацию и ушить огнестрельную рану при сочетанных огнестрельных костно-венозных повреждениях первичными отсроченными и вторичными ранними швами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный комплекс исследований дает право утверждать, что разработанная хирургическая тактика лечения сочетанного огнестрельного костно-венозного повреждения конечности позволяет сохранить ее анатомию и функцию за счет собственных структур без дополнительных условий и затрат. Именно результат повреждения – костно-сосудистый дефект (более 3 см) является в нашей тактике основным условием эффективности лечения, несмотря на некомпенсированную ишемию. Наложение сосудистого шва и восстановление кровообращения в условиях компрессии сегмента конечности с последующей стимуляцией костно-венозной регенерации за счёт развития дистракционных усилий со скоростью $0,25 \text{ мм} \times 4$ раза в сутки в системе «аппарат чрескостного остеосинтеза – конечность» не только не препятствовали состоятельности сосу-

дистого анастомоза, что подтверждено ангиографически и доплерографически, но и явились залогом устранения дефекта вены и кости. Применение интеркалированных соединений фторированного графита в качестве основы адсорбирующей повязки позволило создать максимальный адсорбирующий эффект и как следствие создать условия для благоприятного течения раневого процесса, ушить огнестрельную рану в половине случаев первичными отсроченными, а другой половине – вторичными ранними швами. Изучение динамики морфологической картины в разные сроки послеоперационного периода подтвердило факт переориентации клеток вены из циркулярного положения в продольное, что свидетельствовало о росте-восстановлении венозной стенки за счёт собственных структур (устранении дефекта) под влиянием эффекта «напряжения растяжения». Появление соединительнотканной и хрящевой тканей в области дефекта кости к 30-60-м суткам и последующая оссификация костного дистракционного регенерата в срок 90-120 суток свидетельствовали не только о восстановлении дефекта, но и об ускорении регенерации при дистракционном остеосинтезе в отличие от режима стабилизации. Наша экспериментальная разработка перспективна в условиях реализации хирургической тактики *Vascular and Orthopaedic damage control*.

Исследование выполнено в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2010 годы» (ГК № 02.513.11.3434).

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А.Е. Особенности огнестрельных диафизарных переломов голени, нанесенных высокоскоростными ранящими снарядами, и способы фиксации отломков: Дис. ... канд. мед. наук. – Л., 1976. – 232 с.
2. Военно-полевая хирургия: Учебник / Под ред. Е.К. Гуманенко. – С-Пб: ООО «Издательство Фолиант», 2004. – 464 с.: ил.
3. Военно-полевая хирургия: Учебник / Под ред. Н.А. Ефименко. – М.: Медицина, 2002. – 528 с.: ил.
4. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М., Трусов А.А., Северин В.В. Принципы организации оказания хирургической помощи и особенности структуры санитарных потерь в контртеррористических операциях на Северном Кавказе (Сообщение первое) // Воен.-мед. журн. – 2005. № 1. – С. 4-13.
5. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М., Трусов А.А., Бадалов В.И. Организация и содержание специализированной хирургической помощи в многопрофильных военных госпиталях 1-го эшелона во время контртеррористических операций на Северном Кавказе (Сообщение пятое) // Воен.-мед. журн. – 2006. № 3. – С. 7-18.
6. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М., Трусов А.А., Головкин К.П. Хирургическая помощь раненым в контртеррористических операциях на Северном Кавказе: первая, доврачебная и первая врачебная помощь в зоне боевых действий (Сообщение второе) // Воен.-мед. журн. – 2005. № 3. – С. 4-13.

7. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М., Трусов А.А., Северин В.В., Головкин К.П. Хирургическая помощь раненым в контртеррористических операциях на Северном Кавказе в отдельных медицинских батальонах дивизий (Сообщение третье) // Воен.-мед. журн. – 2005. – № 9. – С. 7-13.
8. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М., Трусов А.А., Северин В.В., Головкин К.П. Хирургическая помощь раненым в контртеррористических операциях на Северном Кавказе в отрядах специального назначения (Сообщение четвертое) // Воен.-мед. журн. – 2006. – № 1. – С. 12-19.
9. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М., Трусов А.А., Бадалов В.И. Организация и содержание специализированной хирургической помощи в многопрофильных военных госпиталях 1-го эшелона во время контртеррористических операций на Северном Кавказе (Сообщение пятое) // Воен.-мед. журн. – 2006. – № 3. – С. 7-18.
10. Жигунов А.К. Хирургическое лечение больных с сочетанными сосудисто-костными повреждениями конечностей: Автореф. дис. ... док. мед. наук. – Нальчик, – 2007. – 24 с.
11. Илизаров Г.А., Кузнецова А.Б., Песчанский В.С., Шудло М.М., Ханес Г.С., Мигалкин Н.С. Кровеносные сосуды при различных режимах distraction конечности (экспериментальное исследование) // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1984. – № 2. – С. 49-55.
12. Новиков Ю.В., Вилянский М.П., Проценко Н.В. Повреждения магистральных вен конечностей. – М. Медицина, 1981. 152 с., ил.
13. Петровский Б.В. Заключение // Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. – М., 1955. – Т. 19. – С. 432-441.
14. Раны и раневая инфекция: Руководство для врачей / Под ред. М.И. Кузина, Б.М. Костюченко. – 2-е изд., перераб. о доп. – М. Медицина, 1990. – 592 с.: ил.
15. Травматическая болезнь / Под ред. И.И. Дерябина и О.С. Насонкина. – Л.: Медицина, 1987. – 304 с.
16. Травматология и ортопедия. Учебник под ред. Шаповалова В.М., Грицанова А.И., Ерохова А.Н. С-Пб: ООО «Изд-во Фолиант», 2004 г. 544 с.: ил.
17. Указания по военно-полевой хирургии / ЦВМУ. – М.: Б. и., 1988. – 218 с.
18. Указания по военно-полевой хирургии. Утвержд. Начком ГВМУ МО РФ. Изд. 2-е, перераб. – М. 2000. 416 с.
19. Andrikopoulos V, Antoniou I, Panoussis P. Arterial injuries associated with lower-extremity fractures // Cardiovasc. Surg. – 1995. Feb. P. 15-18.
20. Atteberry L.R., Dennis J.W., Russo-Alesi. F., Menawat S.S., Lenz B.J., Frykberg E.R. Changing patterns of arterial injuries associated with fractures and dislocations // J. Am. Coll. Surg. – 1996. Oct. – P. 377-383.
21. Bellamy R.F., Zeitchuk H. 3 Ed. Conventional warfare: Ballistic, blast and burn injuries. Textbook: of military medicine. Series on combat casualty care. – Washington etc., 1991. Vol. 5, pt. 1. – 396 p.
22. Blood C.G. The patients flow of wounded Marines within a multi-echelon system of care // Mllit. Med. – 1999. – Vol. 164, № 6. – P. 423-427.
23. Bowen T.E., Bellamy R.F. / Ed. Emergency war surgery. Second United States revision of the Emergency war surgery NATO handbook. – Washington: US Government Printing Off., 1988, – 446 p.
24. Brusov P.G., Nikolenko V.K. Experience of treating gunshot wounds of large vessels in Afghanistan // World. J. Surg. 2005; 1. P. 25-29
25. Cakir O., Subasi M., Erdem K., Eren N. Treatment of vascular injuries associated with limb fractures // Ann. R. Coll. Surg. Engl. 2005; 87: P. 348-352.
26. Clouse W.D., Rasmussen T.E., Peck M.A., Eliason J.L., Cox M.W., Bowser A.N., Jenkins D.H., Smith D.L., Rich N.M. In-theater management of vascular injury: 2 years of the Balad Vascular Registry // J. Am. Coll. Surg. 2007; 4. P. 625-632.
27. Clouse W.D., Rasmussen T.E., Perlstein J., Sutherland M.J., Peck M.A., Eliason J.L., Jazerevic S., Jenkins D.H. Upper extremity vascular injury: a current in-theater wartime report from Operation Iraqi Freedom // Ann. Vasc. Surg. 2006; 4. 429-434.
28. De Bakey M.E., Simeone F.A. Battle injuries of the arteries in world war II: An analysis of 2471 cases // Ann. Surg. – 1946. – Vol. 123, № 4. P. 534-579.
29. Emergency war surgery. – 3rd U.S. revision 2004. 354 p.; cm.
30. Fisher G.W. Acute arterial injuries treated by the United States Army medical service in Vietnam 1965-1966 // J. Trauma. – 1967. – Vol. 7, № 6. – P. 844-855.
31. Geerts W.H., Code K.I., Jay R.M., Chen E., Szalai J.P. A prospective study of venous thromboembolism after major trauma. N. Engl. J. Med. 1994. – P. 1601-1606.
32. Hughes C.W. Acute vascular trauma in Korean War casualties: An analysis of 180 cases // Surg. Gynecol. Obstet. – 1954. – Vol. 66, № 1. – P. 91-100.
33. Jahnke E.J., Seeley S.F. Acute vascular injuries the Korean war: An analysis of 77 consecutive cases // Ann. Surg. – 1953. – Vol. 138, № 2. – P. 158-177.
34. Jie Q., Yang L., Zhu Q.S., Li M.Q., Li Z., Zhao G.Y., Hu Y.Y. Orthopedic trauma of limbs associated with vascular injuries // Chin. J. Traumatol. 2007 Dec; P. 371-375.
35. Ketterhagen J.P., Wright O.B. Vascular trauma // Mllit. Med. – 1987. – Vol. 152, № 1. – P. 2-5.
36. Kirby N.G., Blackburn G. / Ed. Field surgery pocket book. – London: Her Majesty's stationery off., 1985. – 305 p.
37. Kriegschirurgie. Schweizerische Armee. – Nachdruck, 1986. – 178 S.
38. McNamara J.J., Brief P.K., Beasley W., Wright J.K. Vascular injury in Vietnam combat casualties» Results of treatment at the 24th evacuation hospital 1 July 1967 to 12 August 1969 // Ann. Surg. – 1973. – Vol. 178, № 2. – P. 143-147.
39. Meyer J., Walsh J., Schuler J., Barrett J., Durham J., Eldrup-Jorgensen J., Schwarcz T., Flanagan D.P. The early fate of venous repair after civilian vascular trauma. A clinical, hemodynamic, and venographic assessment. Ann. Surg. 1987. – P. 458-462.
40. eel S. Medical support of the U.S. Army in Vietnam 1965-1970. – Department of the Army, Washington, D.C. – 1973. – 196 p.
41. Nitecki S.S., Karram T., Hoffman A., Bass A. Venous trauma in the Lebanon War – 2006 // Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2007 Oct;6(5): – P. 647-650.
42. Parry N.G., Feliciano D.V., Burke R.M., Cava R.A., Nicholas J.M., Dente C.J., Rozycki G.S.. Management and short-term patency of lower extremity venous injuries with various repairs. Am J Surg 2003; 186:631-635.
43. Quan R.W., Gillespie D.L., Stuart R.P., Chang A.S., Whittaker D.R., Fox C.J. The effect of vein repair on the risk of venous thromboembolic events: a review of more than 100 traumatic military venous injuries // J. Vasc. Surg. 2008 Mar. 47 (3) – P. 571-577.
44. Rich N.M., Hughes C.W. Vietnam vascular registry: A preliminary report // Surgery. – 1969. – Vol. 65, № 1. – P. 218-226.
45. S. Vietnam studies. Medical support of the U.S. Army in

- Vietnam. 1965-1970. – Washington: Department Army, 1973. – 196 p.
46. Shah D.M., Corson J.D., Karmody A.M., Fortune J.B., Leather R.P. Optimal management of tibial arterial trauma // J.Trauma. – 1988. – Vol. 28, № 2. – P. 228-234.
47. Sloan J.H. The international medical corps experience inside Afghanistan: Patterns of war injuries, 1986-1987 // Prehosp. Disaster Med. – 1989. – Vol. 4, № 2. – P. 193.
48. Snyder W.H. 3rd, Watkins W.L., Whidden L.L., Bone G.E.. Civilian popliteal artery trauma: an eleven-year experience with 83 injuries. Surgery 1979. – P. 101-108.
49. Trooskin S.Z., Sclafani S., Winfield J., Duncan A.O. The management of vascular injuries of the extremity associated with civilian firearms // Surg.Gynecol.Obstet. – 1993. – Vol. 176, № 4. – P. 350-354.
50. Valecna chirurgie. – Praha: Nase vojsko, 1966. – 90 s.
51. Wachsmuth W., Rebentisch E., Wedel K.-W., Rootgen P., Felkt K. Kriegschirurgie // Wehrmedizin. Ein kurzes Handbuch mit Beiträgen zur Katastrophenmedizin. – Urban u.a., 1980. – S. 309-387.
52. Whitaker W.G., Durden W.F. Acute arterial injuries // Surg. Gynecol.Obstet. – 1954. – Vol. 99, № 2. – P. 129-134.
53. Winkler W.P. Medicine and the battlefield // Med. Corps Intern. – 1986. – Vol. 1, № 1. – P. 12-16.

TRANSOSSEOUS OSTEOSYNTHESIS AND NANOTECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF ASSOCIATED GUNSHOT BONE VENOUS INJURIES

**A.V. Shteinle, N.V. Ryazantseva, E.V. Gavrilin,
G.P. Khandorin, G.I. Doubov, V.I. Mazin,
L.A. Shteinle, L.R. Moustafina, T.M. Kobotaeva,
V.N. Sountsov, L.A. Yefteyev, B.V. Bodoyev,
O.V. Popyonov, I.M. Skourikhin, S.V. Vyzhanov**

SUMMARY

The aim of our experimental investigation was the development of surgical approach to the removal of bone arterial defects of more than 3 cm in associated gun-shot bone-arterial extremities. The investigation performed demonstrated efficacy of the developed surgical approach and the possibility to apply nanostructural thermo-broadened graphite as a basic component of adsorbing bandage.

Key words: combined gun-shot bone-venous injuries of limbs, transbone osteosynthesis, aseptic adsorbing bandage, nanostructural thermodilated graphitis.