
СОВРЕМЕННАЯ МЕДИЦИНА

ТРАВМАТОЛОГИЯ / ОРТОПЕДИЯ.
ХИРУРГИЯ

№ 2 (14) / ИЮНЬ / 2019 г.



ИССЛЕДОВАНИЯ



ОБЗОРЫ



ПРАКТИКА



КЕЙСЫ

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

В. П. ХОМУТОВ¹, Н. И. НЕЛИН², В. И. КОТОВ³, А. А. БАСКАКОВ³, А. В. ЧЕРНОИВАН⁴

¹ ООО «Медэл», Санкт-Петербург

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени

А. И. Евдокимова» МЗ РФ, Москва

³ СПб ГБУЗ «Городская больница № 15», Санкт-Петербург

⁴ ЛДЦ завода «Светлана», Санкт-Петербург

Опыт применения электретных имплантатов при остеосинтезе огнестрельных переломов длинных костей

Хомутов Виктор Павлович

к. м. н., заместитель генерального директора по медицинским вопросам,

врач высшей категории, травматолог-ортопед

E-mail: viktor1352@yandex.ru

Резюме. Представлен сравнительный ретроспективный анализ результатов лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей с применением наkostных электрически нейтральных металлических имплантатов и имплантатов с отрицательно заряженным электретным покрытием на основе тетрафторэтилена и оксида тантала. Электретное отрицательно заряженное покрытие имплантата создает электростатическое поле, оптимизирующее репаративные процессы в костной ткани. Результаты исследования показали положительное влияние электростатического поля электрета на сращение огнестрельных переломов длинных костей конечностей после наkostного остеосинтеза.

Ключевые слова: огнестрельный перелом, наkostный остеосинтез, наkostный имплантат, электретное покрытие, электростатическое поле.

V. P. KHOMUTOV¹, N. I. NELIN², V. I. KOTOV³, A. A. BASKAKOV³, A. V. CHERNOIVAN⁴

¹ LLC «Medal», St. Petersburg

² FSBEI HE «Moscow state university of medicine and dentistry named after A. I. Evdokimov», Ministry of health of the Russian Federation, Moscow

³ SPb SBHI «City hospital № 15», St. Petersburg

⁴ Medical and Diagnostic Center of factory «Svetlana», St. Petersburg

Experience of using electret implants for osteosynthesis of long bone gunshot fractures

Viktor P. Khomutov

candidate of medical sciences, deputy general director for medical issues, highest category doctor, orthopedic traumatologist

E-mail: viktor1352@yandex.ru

Summary. A comparative retrospective analysis of the results of treatment of wounded with gunshot fractures of the long bones of the extremities with the use of electrically neutral metal implants and implants with a negatively charged electret coating based on tetrafluoroethylene and tantalum oxide is presented. The electret negatively charged implant coating creates an electrostatic field that optimizes reparative processes in the bone tissue. The results of the study showed a positive effect of the electrostatic field of the electret on the fusion of gunshot fractures of the long bones of the extremities after plate osteosynthesis.

Key words: gunshot fracture, external osteosynthesis, external implant, electret coating, electrostatic field.

Проблема лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей имеет принципиальное значение для военной травматологии. Особой сложностью отличается лечение пациентов с множественными огнестрельными ранениями, когда угнетение локальных репаративных процессов усугубляется тяжелым общим состоянием пораженных.

Удельный вес огнестрельных переломов костей конечностей в структуре боевой хирургической патологии в вооруженных локальных конфликтах последних десятилетий составляет 54–70 %. При этом оказание медицинской помощи определяется особенностями зоны проведения боевых операций, эвакуационными и лечебно-диагностическими возможностями лечебных учрежде-

ний. Лечение по сравнению с механическими переломами более трудоемко, течение раневого процесса и репаративной регенерации менее предсказуемо, а на анатомо-функциональный результат оказывает радикальное влияние большое число ранних и поздних осложнений [1–3].

В настоящее время в хирургическую практику травматологии внедряются современные технологии на основе достижений биомеханики, материаловедения, тканевой инженерии и др. Многолетняя работа большого коллектива ученых по изучению электрофизиологии костной ткани и влияния электрических воздействий на течение репаративного остеогенеза позволила разработать и применить для лечения огнестрельных переломов инновационный метод на основе электрретных свойств некоторых материалов. Большой практический опыт и научная всесторонняя оценка результатов лечения раненых в локальных конфликтах последних десятилетий позволяет высказать ряд принципиальных положений, определяющих наше отношение к совершенствованию технологии лечения огнестрельных повреждений конечностей [4–6].

Первое – это сокращение времени эвакуации раненых на этап специализированной медицинской помощи и применение современных средств коррекции общего состояния и локальных нарушений, что позволяет шире применять сберегательный вариант первичной хирургической обработки огнестрельной раны. Второе – разработка и внедрение новых средств фиксации, что обеспечивает возможность достижения раннего стабильного первичного остеосинтеза костных отломков. Третье – это применение методик пластической хирургии и микрохирургии для раннего закрытия огнестрельной раны, что позволяет минимизировать количество возможных местных осложнений. Четвертое – широкое внедрение в травматологии малоинвазивных методик внутреннего остеосинтеза, что обеспечивает возможность конверсии остеосинтеза огнестрельных переломов в ранние сроки после ранения. С учетом всего вышеперечисленного нам представилось логичным изучение возможности применения электро-стимуляции для оптимизации репаративных процессов при огнестрельных переломах костей. Технологическим решением стало формирование отрицательного электростатического поля для коррекции биоэлектrogenеза в поврежденной кости при помощи наконечной пластины с электрретным покрытием [7, 8].

Цель исследования – сравнение эффективности наконечного остеосинтеза электронейтральными металлическими имплантатами и имплантатами с отрицательно заряженным электрретным покрытием при лечении раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей.

Материал и методы

В основу работы положен ретроспективный анализ лечения 266 раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей в клинике военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии и в травматологических отделениях Елизаветинской больницы Санкт-Петербурга в период с 1989 по 2010 год. Пациенты были разделены на две репрезентативные по клиническим, лабораторным и рентгенологическим показателям группы. Сравнимые выборки раненых были сопоставимы по типу ранящего снаряда, характеру и тяжести ранения, методам фиксации костных отломков и последующего послеоперационного ведения.

Все пациенты были мужского пола в возрасте от 18 до 50 лет. Окончательный остеосинтез всех переломов осуществлен наконечными титановыми пластинами. У 102 раненых (основная группа) применяли пластины с электрретным покрытием, у 164 пострадавших (группа сравнения) выполняли остеосинтез титановыми имплантатами

без электрретных свойств (табл. 1). Электрретное покрытие на пластинах формировали из сополимеров тетрафторэтилена или анодного оксида тантала с функциональным распределением электростатического поля. Из известных электрретов тетрафторэтилен и анодный оксид тантала являются биологически инертными и обладают оптимальными необходимыми электрретными свойствами, сохраняют терапевтический эффект в биологической среде длительное время [9, 10].

Среди наблюдаемых пострадавших преобладали раненые с огнестрельными осколочными ранениями (60,9 %). Огнестрельные пулевые ранения имели место у 39,1 % пациентов. Изолированные огнестрельные ранения составили 44,4 %, множественные и сочетанные, а также переломы с сопутствующими повреждениями сосудов и нервов отмечены у 55,6 % раненых.

Основой лечения огнестрельных переломов костей конечностей является ранняя и адекватная первичная хирургическая обработка раны. Мы в своей практике применяли сберегательный вариант ПХО с щадящим отношением к мягким тканям и кости. Удаляли некротизированные ткани, инородные тела, раневой детрит, излившуюся кровь, выполняли тщательный гемостаз. Тактика по отношению к костным осколкам состояла в удалении только явно нежизнеспособных мелких свободных лежащих костных осколков. Костные фрагменты, не потерявшие связь с мягкими тканями, и крупные осколки, удаление которых могло бы привести к формированию дефекта, сохраняли. При этом непреложным требованием является укрытие кости жизнеспособными мягкими тканями. Излишне радикальное удаление костных осколков или резекция концов поврежденной кости способствуют замедленной консолидации, образованию ложных суставов, дефектов костей и укорочению сегмента конечности. Ранняя сберегательная первичная хирургическая обработка костно-мышечной раны выполнена у 62,9 % раненых. Отсроченная хирургическая обработка произведена у 36,1 % пациентов, что было вынужденной мерой при массовом или позднем поступлении раненых на этапы квалифицированной или специализированной медицинской помощи.

Выбор способа фиксации огнестрельного перелома кости, наряду с решением вопросов хирургической тактики, объема и сроков выполнения хирургической обработки огнестрельной раны, определяет эффективность лечения раненых. Тяжесть общего состояния пострадавших и огнестрельных ранений требуют применения простых и надежных методов лечебной иммобилизации, преимущественно с минимальной травматизацией тканей, что обеспечивает возможность ранней медицинской реабилитации. Стабильное обездвиживание костных отломков, наряду с полноценной хирургической обработкой раны и адекватной антибактериальной терапией, имеет существенное значение для предупреждения различных раневых осложнений при огнестрельном переломе. Внешняя фиксация костных отломков различными аппаратами, по мнению многих специалистов, является методом выбора окончательного обездвиживания перелома, что позволяет улучшить анатомические результаты лечения. Вместе с тем метод сложен, трудоемок, требует постоянного наблюдения хирурга на протяжении всего периода лечения, связан с длительным пребыванием в стационаре и не способствует восстановлению функции поврежденной конечности в оптимальные сроки [1, 5]. Первичный погружной остеосинтез при огнестрельных переломах костей в какой-то мере противоречит общепринятым установкам военно-полевой хирургии и по этой причине встречает сопротивление у многих специалистов. По сравнению с другими методами обездвиживания костных отломков внутренний стабильно-функциональный остеосинтез имеет ряд серьезных преимуществ: позволяет добиться адекватной репозиции и стабильной фиксации костных

отломков, совместить период консолидации с периодом восстановления функции конечности, адаптировать лечение сопутствующих повреждений и упростить уход за раненым, что в итоге сокращает сроки лечения. Стабильная внутренняя фиксация костных отломков значительно снижает вероятность различных осложнений и повышает эффективность лечения пострадавших [11–13]. Мы отдали предпочтение на костному остеосинтезу пластинами, которые имеют достаточно высокие прочностные характеристики и соответствуют биомеханическим и физиологическим параметрам костной ткани, позволяют добиться надежной фиксации костных отломков при любых по виду и локализации огнестрельных переломах. Ранний остеосинтез пластинами огнестрельных переломов длинных костей выполнен в период от 5 до 14 суток после ранения у 33,4 % раненых, отсроченный применен в сроки от 14 до 21 суток в 50,7 % случаев, и поздний – от 3 до 6 недель – выполнен у 15,9 % пострадавших. У раненых с множественными переломами костей при отсутствии местных противопоказаний применяли одноэтапное оперативное вмешательство на двух и более сегментах. По нашему убеждению, подобная тактика является оправданной, так как при этом уменьшается опасность развития осложнений, связанных с повторными операциями, уменьшается время для начала реабилитации и сокращается общая продолжительность лечения.

Окончательное обездвиживание костных отломков при огнестрельных переломах длинных костей конечностей накостными пластинами выполняли при условии купирования проявлений полиорганной недостаточности у раненых с тяжелыми множественными и сочетанными огнестрельными ранениями, благоприятного течения местного раневого процесса и неосложненного заживления мягкотканной раны. В случае развития хирургической инфекции в ране предварительно проводились мероприятия, направленные на ее санирование, восстановление общего и местного иммунитета.

Огнестрельный перелом длинной кости правомерно рассматривать и как механическое повреждение сосудистой сети сегмента конечности различной степени тяжести, которую мы наблюдали у 40 % раненых, что приводило к нарушению микроциркуляции и неблагоприятному течению раневого процесса. Пострадавшим с клиническими признаками повреждения крупных артерий с расстройством кровоснабжения конечности в период обратимых ишемических явлений выполняли временное шунтирование. При исключении факта прогрессирования регионарной ишемии осуществляли фиксацию костных отломков с последующим окончательным восстановлением кровоснабжения в поврежденной конечности. С целью нормализации регионарного кровотока и предупреждения раневых осложнений в комплексном лечении пострадавших с огнестрельными переломами костей конечностей для коррекции нарушений локального кровоснабжения, повышения жизнеспособности и репаративной активности тканей, улучшения трофики применяли селективную внутриартериальную инфузионную терапию [14; 15]. Она предусматривала применение анестетиков, спазмолитиков, антикоагулянтов, антигистаминных препаратов, витаминов, ферментов и их ингибиторов, противовоспалительных средств, биологических стимуляторов и др.

Закрытие огнестрельной раны – существенный этап хирургического лечения, особенно после внутреннего остеосинтеза огнестрельного перелома, и является логическим завершением хирургического вмешательства и позволяет добиться наиболее благоприятных анатомических и функциональных результатов. Закрытие огнестрельной раны осуществляли согласно требованиям военной травматологии с помощью швов или кожной пластики. Основной целью шва огнестрельной раны является сокращение

сроков заживления. Чем раньше закрыта раневая поверхность, тем короче период заживления и лучше функциональный и косметический результат лечения. Первичный шов огнестрельной раны выполнен у 52,8 % раненых после остеосинтеза. Раннее закрытие раневой поверхности снижает опасность внутригоспитального инфицирования, уменьшает резорбцию продуктов некролиза, потерю белка и тканевой жидкости, обеспечивает простоту и безболезненность перевязок, является щадящим для раненого и менее трудоемким для медицинского персонала. Условиями выполнения первичного шва являлись: полноценность хирургической обработки, возможность сближения краев раны без заметного натяжения, нормализация регионарного кровотока, удовлетворительное общее состояние раненого, возможность послеоперационного наблюдения в течение 7–10 дней. Отсроченный шов выполнен у 34,9 % пострадавших после остеосинтеза огнестрельного перелома, и у 12,3 % раненых при наличии дефекта мягких тканей или гранулирующих ран применяли мышечно-фасциальную или кожную пластику как завершающий этап внутренней фиксации.

Анализ результатов лечения проводили в срок от 3 до 9 месяцев. При комплексной оценке результатов лечения основывались на сроках анатомического и функционального восстановления по пятибалльной системе [16]. Анатомическое восстановление определяли по данным рентгенологического обследования по общепринятым методикам при поступлении, после остеосинтеза, через 2, 3, 4, 5, 6, 9 месяцев после операции. Функциональное восстановление оценивали по результатам гониометрии смежных суставов и срокам восстановления опороспособности конечности.

При комплексной оценке общий результат лечения признавался отличным (5 баллов), если консолидация костных отломков и полное восстановление функции происходило к 3 месяцам. При сращении перелома и восстановлении функции в сроки от 3 до 4 месяцев результат лечения оценивали как хороший (4 балла). Если по одному из показателей результат был в пределах 4–6 месяцев, то исход лечения считали удовлетворительным (3 балла). Неудовлетворительным итогом лечения признавали результат, при котором хотя бы один из показателей восстановления превышал 6 месяцев или формировался ложный сустав, стойкая контрактура суставов, нарушение опороспособности поврежденной конечности, посттравматический остеомиелит. При оценке результатов лечения множественных переломов за основу принимали наилучший результат лечения одного из переломов длинных костей.

Результаты и их обсуждение

Оптимальность лечебно-реабилитационных мероприятий, совместимых и взаимозаменяемых во времени, обеспечили сокращение сроков консолидации костных отломков, перестройки костной мозоли, восстановление функции суставов и улучшили качество жизни пострадавших. Основные результаты лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей представлены на диаграммах (рис. 1, 2). Консолидация перелома и восстановление функции поврежденной конечности к 4 месяцам достигнуты у 95,2 % раненых после остеосинтеза пластинами с электрретным покрытием, тогда как у пострадавших в группе сравнения этот показатель составил 88,1 %. Восстановление функции поврежденной конечности в основной группе наблюдали у 85,6 %, а в группе сравнения – у 80,6 % пациентов. При комплексной оценке результатов лечения в основной группе отличные получены у 53,9 % раненых, хорошие – в 39,3 % случаев, удовлетворительные – у 3,9 % пострадавших, неудовлетворительные – в 2,9 % наблюдений (табл. 2), что превышает эти же показатели в группе сравнения.

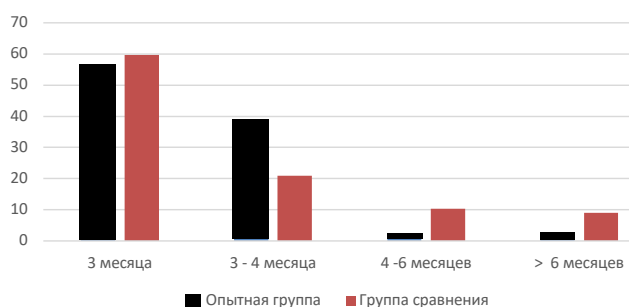
Таблица 1. Распределение раненых в зависимости от локализации огнестрельного перелома и вида имплантата

Локализация огнестрельного перелома	Остеосинтез имплантатами с электретыным покрытием		Остеосинтез имплантатами без электретыного покрытия		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Бедро	49	48,9	78	47,6	127	47,7
Голень	16	15,2	17	10,4	33	12,4
Плечо	28	27,3	46	28,0	74	27,8
Предплечье	9	8,6	23	14,0	32	12,1
Итого	102	100,0	164	100,0	266	100,0

Рисунок 1. Результат анатомического восстановления, в %



Рисунок 2. Результат функционального восстановления, в %



Различные ошибки и осложнения наблюдали в основной группе у 6,8 %, в группе сравнения – у 16,2 % раненых. Основное преимущество применения имплантатов с электретыным покрытием

состояло в оптимизации процессов остеорепарации огнестрельного перелома. Средние сроки сращения у подавляющего большинства раненых уменьшались до 3 мес., анатомической реституции – до 4 мес., а сроки реабилитации сокращались в 2 раза.

Коррекция нарушений биоэлектрических процессов при огнестрельных переломах длинных костей обеспечивает оптимизацию процессов регенерации костной ткани. Оптимизирующее действие электретыного поля электреты при тяжелых огнестрельных переломах проявляется в нормализации активного электрогенеза и микроциркуляции в области повреждения, в индукции и активизации остеогенных элементов с формированием полноценной костной мозоли и ее последующим ремоделированием (рис. 3). Клинических значимых различий в эффективности применения электреты на основе сополимеров тетрафторэтилена и анодного оксида тантала мы не получили. Однако электретыное покрытие из оксида тантала обладает значительно большей адгезией, не повреждается при моделировании во время операции и более практично в использовании и технологии нанесения.

Выводы

1. Накостный остеосинтез, основанный на биомеханических и электрофизиологических принципах, выполненный с учетом современной технологии, является высокоэффективным методом лечения огнестрельных переломов длинных костей конечностей.

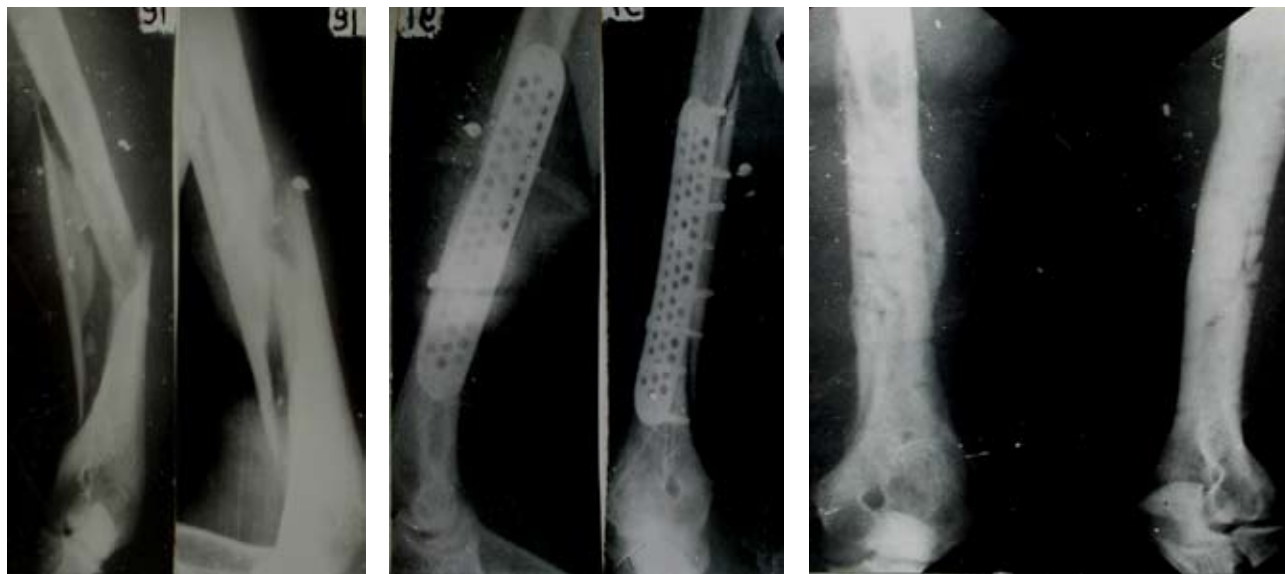
2. Преимущество воздействия электретыного поля электреты при накомном остеосинтезе огнестрельных переломов проявляется в активизации остеорепарации и оптимизации формирования полноценной костной мозоли.

3. Применение электретыных имплантатов при остеосинтезе огнестрельных переломов позволяет повысить эффективность современного хирургического лечения

Таблица 2. Результат лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей

Результат лечения	Общий результат, баллы									
	5		4		3		2		Всего	
	Число	%	Число	%	Число	%	Число	%	Число	%
Опытная группа	55	53,9	40	39,3	4	3,9	3	2,9	102	100
Контрольная группа	64	39,0	34	20,7	39	23,8	27	16,5	164	100

Рисунок 3. Рентгенограмма больного Б., 32 года:
а) огнестрельный оскольчатый перелом плечевой кости; б) остеосинтез плечевой кости пластиной ТРХ с электретным покрытием; в) через 3 месяца после остеосинтеза, консолидация перелома, удаление пластины



и увеличить частоту консолидации и восстановления функции поврежденной конечности в оптимальные сроки.

Литература

1. Хоминец В. В., Щукин А. В., Михайлов С. В., Фоос И. В. Особенности лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей методом последовательного остеосинтеза // *Политравма*. 2017. № 3. С. 12–22.
2. Homutov V., Minnulin., Glaznikov L., Nigmezyanov R. Challenges in treating combat injuries. Xlibris corp. 1663 Liberty Drive, Soomington. IN47403. USA. 2012. 409 p.
3. Owens B. D., Kragh J. F., Macatis J., Svoboda S. J., Wenke J. C. Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *Ortop Trauma*. 2007. Vol. 21. Pp. 254–257.
4. Шаповалов В. М. Боевые повреждения конечностей: применение современных медицинских технологий и результаты лечения раненых // *Травматология и ортопедия России*. 2006. № 2. С. 307–308.
5. Шаповалов В. М., Грицанов А. И., Гудзь Ю. В., Хомутов В. П., Печуров А. П., Хоминец В. В. Внешний остеосинтез отломков при огнестрельных переломах в системе лечения раненых. Ретроспективная панорама / А. И. Грицанов, В. П. Хомутов // *Эволюция остеосинтеза*. СПб.: МОРСАР АВ, 2005. С. 26–37.
6. Хомутов В. П., Грицанов А. И. Возможен и допустим ли внутренний остеосинтез отломков при огнестрельных переломах длинных костей? / А. И. Грицанов, В. П. Хомутов // *Эволюция остеосинтеза*. СПб.: МОРСАР АВ, 2005. С. 37–47.
7. Ткаченко С. С., Руцкий В. В. Электростимуляция остеорепарации // *Л.: Медицина*, 1989. 208 с.
8. Хомутов В. П., Шаповалов В. М., Корецкий Н. В., Искровский С. В. Применение электретов при остеосинтезе огнестрельных переломов // *Материалы VI съезда травматологов-ортопедов России*. Н. Новгород. 1997. 343 с.
9. Ласка В. Л., Комлев А. Е., Хомутов В. П., Барченко В. Т. Особенности нанесения вакуумных функциональных покрытий для остеосинтеза // *Вакуумная техника и технология*. 1997. Т. 7. № 2. С. 27–30.
10. Моргунов М. С., Нетупский И. В., Орлов В. М., Хомутов В. П. Импланты с электретным покрытием из анодного оксида тантала и полимера // *Материаловедение*. 2012. № 7. С. 26–29.
11. Ахмедов Б. А., Тихилов Р. М., Атаев А. Р. Остеосинтез пластинами с угловой стабильностью винтов в лечении огнестрельных переломов длинных костей конечностей // *Травматология и ортопедия России*. 2007. № 2. С. 17–23.
12. Шаповалов В. М., Хоминец В. В. Особенности применения внешнего и последовательного остеосинтеза у раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей // *Травматология и ортопедия России*. 2010. № 1 (55). С. 7–13.
13. Аль-Нозейли Х. А., Наги Наср А. М., Голубев В. Г. Конверсия внеочагового остеосинтеза в интрамедуллярный блокируемый при огнестрельных переломах бедра и голени // *Медицина критических состояний*. 2010. № 4. С. 51–59.
14. Нечаев Э. А., Грицанов А. И., Фомин Н. Ф., Миннуллин И. П. Минно-взрывная травма. СПб.: Альд, 1994. 488 с.
15. Хомутов В. П., Котов В. И. Длительная внутриартериальная инфузионная терапия в комплексном лечении тяжелых повреждений конечностей / В. М. Шаповалов, А. И. Грицанов // *Состояние и перспективы развития военной травматологии и ортопедии*. СПб.: МОРСАР АВ, 1999. С. 226–231.
16. Фейгин И. Л. Накостный остеосинтез при лечении пострадавших с множественными односторонними переломами трубчатых костей: Дис. канд. мед. наук. Самара. 1997. 112 с.