

### Information about the authors

1. Lazarenko V. – Rector of Kursk State Medical University, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Surgical Pathology Department of Postgraduate Education Division of Kursk State Medical University; e-mail: kurskmed@mail.ru
2. Artiushkova E. – Doctor of Biological Sciences, Director of Scientific Research Institute of Environmental Medicine of Kursk State Medical University; e-mail: eartyushkova@mail.ru
3. Mishustin V. – Doctor of Medical Sciences, Professor of Surgical Pathology Department of Postgraduate Education Division of Kursk State Medical University; e-mail: vladimirshf2011@mail.ru
4. Kvachakhiia L. – Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor of Surgical Pathology Department of Postgraduate Education Division of Kursk State Medical University; e-mail: levan77@yandex.ru
5. Monovtsov I. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Surgical Pathology Department of Postgraduate Education Division of Kursk State Medical University; e-mail: moni-1@yandex.ru
6. Chigunadze A. – Postgraduate student of Surgical Pathology Department of Postgraduate Education Division of Kursk State Medical University; e-mail: [alessio18@mail.ru](mailto:alessio18@mail.ru)
7. Artyushkova E. – Candidate of Medical Sciences, Researcher of Scientific Research Institute of Environmental Medicine of Kursk State Medical University; e-mail: savens@mail.ru

## Применение биodeградируемых полимеров для замещения костных полостей при хроническом остеомиелите

Ю.С. ВИННИК\*, Е.И. ШИШАЦКАЯ\*\*, Н.М. МАРКЕЛОВА\*, А.А. ШАГЕЕВ\*,

В.А. ХОРЖЕВСКИЙ\*, О.В. ПЕРЬЯНОВА\*, А.А. ШУМИЛОВА\*\*, Е.С. ВАСИЛЕНЯ\*

Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого, Красноярск, Российская Федерация\*

Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Российская Федерация\*\*

**Актуальность** Проблема лечения хронического остеомиелита находится в центре внимания хирургов и травматологов и не теряет своей актуальности на протяжении многих лет. Интерес представляют биodeградируемые микробиологического происхождения – полигидроксиалканоаты (ПГА), которые обладают совместимостью с животными тканями, высокой механической прочностью, что делает их перспективными материалами для применения в медицине.

**Цель исследования** Экспериментально обосновать возможность использования биополимеров – ПГА - в комплексном лечении хронического остеомиелита.

**Материалы и методы** В исследование включены 60 кроликов-самцов породы «Шиншилла». Костный дефект в первой исследуемой группе заполняли пломбировочным порошком из ПГА, второй – имплантом, на основе ПГА и антибактериального препарата группы карбапенемов (тиенам) в сочетании 10:1, в группе сравнения – костным аутоотрансплантом. Выведение животных из эксперимента и забор материала осуществлялся на 30-е, 90-е сутки наблюдения. Оценивали клинические показатели, R-картину, микробиологические и морфологические результаты.

**Результаты и их обсуждение** При пластике остеомиелитических полостей пломбировочным материалом ПГА восстановление функциональных свойств оперированных конечностей происходило в 1,2 раза быстрее, чем в группе сравнения. Рентгенологически доказано, что при использовании материала ПГА восстановление структуры костной ткани и закрытие дефектов происходило во второй исследуемой группе. Морфогенез репаративных процессов после пластики ПГА характеризовался восстановлением анатомической и функциональной целостности костей к 90-м суткам.

**Выводы** Результаты позволяют рекомендовать ПГА в качестве костнопластического материала для восстановления дефектов костной ткани и требуют дальнейшего изучения.

**Ключевые слова** Биodeградируемые полимеры, хронический остеомиелит

## Application of Biodegraded Polymers for Replacement of Bone Cavities at Chronic Osteomyelitis

IU.S. VINNIK\*, E.I. SHISHATSKAIA\*\*, N.M. MARKELOVA\*, A.A. SHAGEEV\*,

V.A. KHORZHEVSKII\*, O.V. PER'IANOVA\*, A.A. SHUMILOVA\*\*, E.S. VASILENIA\*

Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F. Voyno-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russian Federation\*

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation\*\*

**Relevance** The problem of the treatment of chronic osteomyelitis is the focus of surgeons and traumatologists and does not lose its relevance over the years. Interest is the biodegradable polymers of microbial origin– polyhydroxyalkanoates (PHA), which have compatibility with the animal tissues, high mechanical strength, which makes them promising materials for use in medicine.

**The purpose of the study** An experimental basis for the use of biopolymers - PGA - in the treatment of chronic osteomyelitis.

**Materials and methods** The study included 60 males- rabbits of Chinchilla breed. A bone defect in the first study group completed filling powder from the PGA, the second - the implant, based on PGA and antibacterial drug of carbapenem antibiotic group (thienam) combined 10:1, in the comparison group – autogenous bone (bone autotrasplantant). Removal of animals from the experimental and collection of the material was carried out on 30 th, 90 th day of the observation. We evaluated clinical parameters, X-ray pictures, microbiological and morphological results.

**Results and their discussion** When plastic osteomyelitic cavity filling material PGA restore the functional properties of the operated lower limbs was happening 1.2 times faster than in the comparison group. Radiographically proven that the use of the material structure of the PGA restoration of bone tissue and the defect occurred in the second study group. Morphogenesis of reparative processes after plastic PGA characterized restoration of anatomic and functional integrity of the bone to the 90 th day.

**Conclusion** The results allow us to recommend the PGA as osteoplastic material for reconstruction of bone defects and require further study.

**Key words** Biodegraded polymers, chronic osteomyelitis

## Актуальность

Проблема лечения хронического остеомиелита находится в центре внимания хирургов и травматологов и не теряет своей актуальности на протяжении многих лет [4, 10]. В структуре гнойной хирургической патологии на долю остеомиелита приходится от 3 до 10% [1, 2, 3]. Одной из основных проблем лечения хронического остеомиелита является выбор способа пластического замещения костного дефекта [5, 6, 8]. Такие методы, как мышечная, кожно-фасциальная пластика, пломбирование полости синтетическими материалами, не приводят к полному восстановлению анатомической и функциональной целостности кости [3, 9].

В последние годы при хирургическом лечении хронического остеомиелита для пластики костных полостей все чаще используются аутоотрансплантаты, алло- и ксеноимплантаты, синтетические материалы и их комбинации [4, 9]. Однако, эти материалы имеют ряд недостатков, из которых наиболее значимым является дефицит донорского материала [5, 6], а наличие гнойной инфекции при остеомиелите серьезно сужает показания к применению и эффективность использования этих материалов [11, 12]. Поэтому в настоящее время для пластики костных полостей при остеомиелите перспективным является разработка и применение биологически активных материалов природного происхождения [7, 13].

Особенный интерес в этом плане представляют биodeградируемые микробиологического происхождения – полигидроксиалканаты (ПГА), которые обладают рядом свойств: совместимостью с животными тканями, высокой механической прочностью, пьезоэлектрическим эффектом, что делает их перспективными материалами для применения в медицине, включая травматологию [7, 14]. Работами коллектива лаборатории хемоавтотрофного биосинтеза в культуре клеток остеобластического ряда и на модели сегментарной остеотомии у лабораторных животных показано, что ПГА и его композиции с гидроксипатитом обладают выраженными остеопластическими свойствами, медленно и адекватно росту костной ткани деградируют *in vivo*, обеспечивая нормально протекание репаративного остеогенеза [7, 14].

Цель исследования: - экспериментально обосновать возможность использования биополимеров – ПГА - в комплексном лечении хронического остеомиелита.

## Материалы и методы

Работа выполнена в экспериментальной лаборатории кафедры общей хирургии КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого в период с 2009 по 2011 гг. В исследование включены 60 кроликов-самцов породы «Шиншилла» 4-5 месячного возраста. Распределение животных по сериям представлено в таблице 1.

Исследованы экспериментальные объемные имплантаты, изготовленные непосредственно из ПГА, в виде пломбировочного материала, представляющего собой порошок ПГА и смесь ПГА с тиенамом. Имплантаты из ПГА синтезировали одним из разработанных способов в Институте Биофизики СО РАН.

Костный дефект в первой исследуемой группе заполняли пломбировочным порошком из ПГА, второй – имплантатом, на основе ПГА и антибактериального препарата группы карбапенемов (тиенам) в сочетании 10:1, в группе сравнения – костным аутоотрансплантатом.

Техника моделирования первично-хронического остеомиелита:

Под калипсол-дроперидоловым наркозом после обработки операционного поля по переднемедиальной поверхности бедра, животным производили разрез кожи длиной 3 см. Мышцы разводили и фиксировали. В области передней поверхности метадиафиза бедра выполняли остеотомию на протяжении 0,5 см, ограниченную отслойку надкостницы, вскрывали костномозговой канал. Ложкой Фолькмана удаляли костный мозг. В образованный дефект имплантировали марлевую турунду с культурой золотистого стафилококка – 10<sup>9</sup> микробных тел *Staphylococcus aureus*. Рану послойно ушивали.

Остеомиелит развился у животных всех исследуемых групп в 100% случаев. По истечении полутора месяцев выполняли рентген-контроль, после чего животных повторно оперировали.

Техника пластики остеомиелитического дефекта  
Разрез кожи осуществляли с иссечением послеоперационных рубцов, свища и свищевых ходов. По ходу разреза вскрывали гнойные затеки, выполняли тотальную некрэктомию. В процессе операции производили посев гнойного экссудата для микробиологического исследования. После удаления всех нежизнеспособных тканей, полость промывали раствором антисептика (пливасепт, раствор хлоргексидина). Через контрапертурные разрезы в рану уста-

Таблица 1

*Характеристика экспериментальных групп животных*

Номер группы	Характеристика группы	Кол-во животных
1 группа - сравнения	Модель хронического остеомиелита, пластика полости аутокостью	20
2 группа - исследуемая	Модель хронического остеомиелита, пластика остеомиелитического дефекта пломбировочным материалом из ПГА	20
3 группа - исследуемая	Модель хронического остеомиелита, пластика остеомиелитического дефекта пломбировочным материалом из ПГА в комбинации с препаратом Тиенам	20

Течение послеоперационного периода у экспериментальных животных

Исследуемый признак	Сутки после операции (M±SD)		
	Группа сравнения	Первая исследуемая группа	Вторая исследуемая группа
Восстановление опороспособности оперированной конечности	5,56±1,2	4,97±0,8	4,28±0,9*
Заживление операционной кожной раны	9,9±1,7	8,5±1,3	7,4±0,9*
Купирование отека и гиперемии мягких тканей	11,7±1,8	9,6±0,6	8,75±0,96*

Примечание: \* - данные статистически достоверны  $p < 0,05$ .

навливали ирригаторы для дренирования в области операции в послеоперационном периоде.

Далее у животных группы сравнения в полость имплантировали костный аутографт, взятый из гребня подвздошной кости, у животных исследуемых групп полость заполняли пломбирочным материалом из ПГА согласно дизайну исследования до полного закрытия дефекта. Поверх дефекта выполняли пластику надкостницы с помощью ультратонкой пленки из ПГА. Рану послойно ушивали наглухо.

В послеоперационном периоде проводили иммобилизацию конечности гипсовой лонгетой или артезом, осуществляли динамическое наблюдение за состоянием животных (аппетит, двигательная активность, состояние оперированных конечностей).

Рентгенологическое исследование оперированных конечностей животных выполняли на рентгенологическом аппарате РУМ-20 в режиме 44 мА 0.1 кВ с экспозицией в 1 сек. Проводили сравнительный анализ рентгенографических данных на 30-е, 90-е сутки после пластики костной полости. Оценивали размеры костного дефекта, его форму, однородность структуры регенерата, состояние надкостницы, кортикальной пластины и костномозгового канала.

Выведение животных из эксперимента и забор материала осуществлялся на 30-е, 90-е сутки наблюдения. На аутопсии оценивали состояние окружающих мягких тканей, состояние надкостницы, кортикального слоя и костномозгового канала. В области дефекта проводили бактериологический посев на среду Чистовича (желточно-солевой агар). Результаты оценивали на 2-4 сутки.

Забор материала для гистологического исследования проводили путем тщательного сепарирования мышц от костей, выделения сегментов костей длиной 1-1,5 см с областью костного регенерата. Костный материал фиксировался в 10%-ном забуференном растворе цинк-формалина в течение трех суток, подвергался декальцинации в растворе «Трилон-В», обезжизнялся в спиртах возрастающей концентрации и заливался в парафин. Срезы толщиной 4,0 мкм окрашивались гематоксилин-эозином, по Ван-Гизон. Микроскопическое исследование проводилось на светооптическом

микроскопе (Leica MDE, Германия) с применением увеличения  $\times 100$ ,  $\times 200$ .

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью программы «Ms Excel». Рассчитывалась средняя арифметическая величина и ее ошибка ( $M \pm m$ ) и критерий Стьюдента ( $t$ ) с определением значимости различий ( $p$ ). Критический уровень значимости  $p$  принимался меньшим или равным 0,05.

Работа выполнена в рамках программно-комплексного исследования «Применение биополимеров нового класса - полиоксиалканоатов - в хирургии» (№ гос. регистрации 01200807478), заключение Этического комитета (протокол №2 от 16.02.2007 г.).

### Результаты и их обсуждение

Результаты сравнительного анализа клинической картины у экспериментальных животных опытной группы (после замещения дефекта ПГА) и контрольной группы (замещение деминерализованным костным аутографтом) представлены в таблице 2.

В раннем послеоперационном периоде (до 3 суток) животные всех исследуемых групп оставались вялыми, мало двигались, щадили оперированную конечность. Аппетит и двигательная активность кроликов восстанавливалась к 3-5 суткам. На 5-12 сутки после операции у 19 (95%) животных группы сравнения выявлен отек мягких тканей в области операции, у 12 (60%) – локальная гиперемия кожи, в первой исследуемой группе эти явления отмечены у 13 (65%) и 9 (45%) животных соответственно, во второй исследуемой группе – у 8 (40%) и 5 (25%) животных. Опорная функция конечности восстанавливалась в группе сравнения на 5,56±1,2 сутки после операции, в 1 и 2 исследуемых группах – на 4,97±0,8\* и 4,28±0,9\* ( $p < 0,05$ ) соответственно. Летальных случаев в послеоперационном периоде не наблюдали.

Анализ рентгенографических данных оперированных конечностей животных (рис. 1) выявил следующее: на 30-е сутки после применения для пластики дефекта с использованием ПГА и ПГА/тиенам в проекции костного дефекта определены участки просветления округлой формы с четкими границами, с облачковидным затемнением в центре. На 90 сутки у

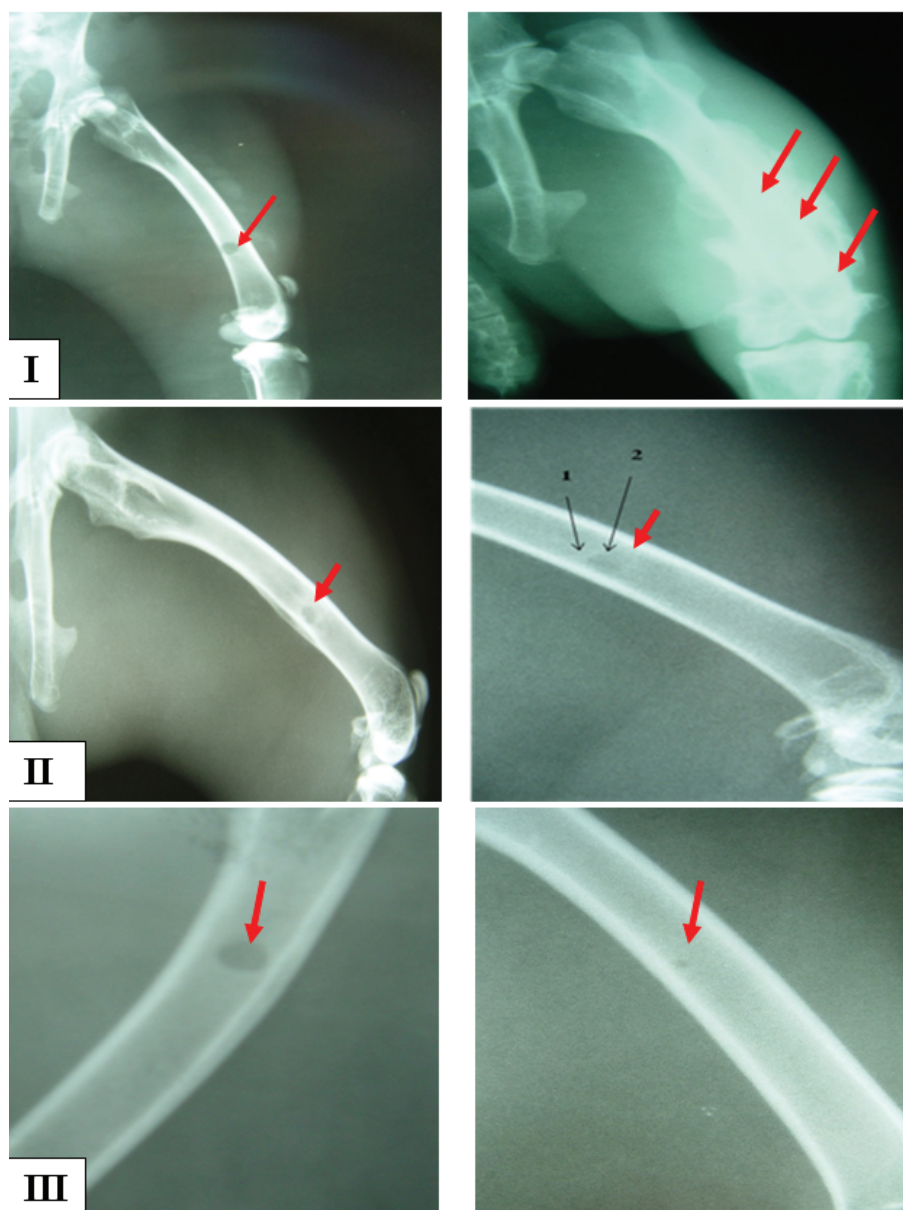


Рис. 1. Рентгенографические снимки оперированных конечностей животных на 30-е (слева) и 90-е сутки (справа) послеоперационного периода: 1 – костный аутографт; 2 – тПГА; 3 – ПГА/тиенам. РУМ-20, 44 мА 0,1 кВ, экспозиция 1 с.

Таблица 3

*Результаты исследования микробного пейзажа остеомиелитических полостей в исследуемых группах*

Группа экспериментальных животных	30-е сутки послеоперационного периода	90-е сутки послеоперационного периода
Группа сравнения	6,4 x10 <sup>7</sup> ± 110 в 1 г Staph.aureus 4,4 x10 <sup>7</sup> ± 110 в 1 г ассоциации грамм (+) и (-) анаэробных микроорганизмов, E. Coli	3,2 x10 <sup>4</sup> ± 150 в 1 г Staphilococcus aureus* 2,8 x10 <sup>4</sup> ± 150 в 1 г ассоциации грамм (+) и (-) анаэробных микроорганизмов, E. Coli
Первая исследуемая группа	4,2 x10 <sup>4</sup> ± 150 в 1 г Staph.aureus* 4 x10 <sup>4</sup> ± 150 в 1 г Ассоц. грамм (+) и (-) анаэробных микроорганизмов, E. Coli	Нет роста*
Вторая исследуемая группа	Нет роста*	Нет роста*

Примечание: \* - данные статистически достоверны в сравнении с группой сравнения при p<0,05.

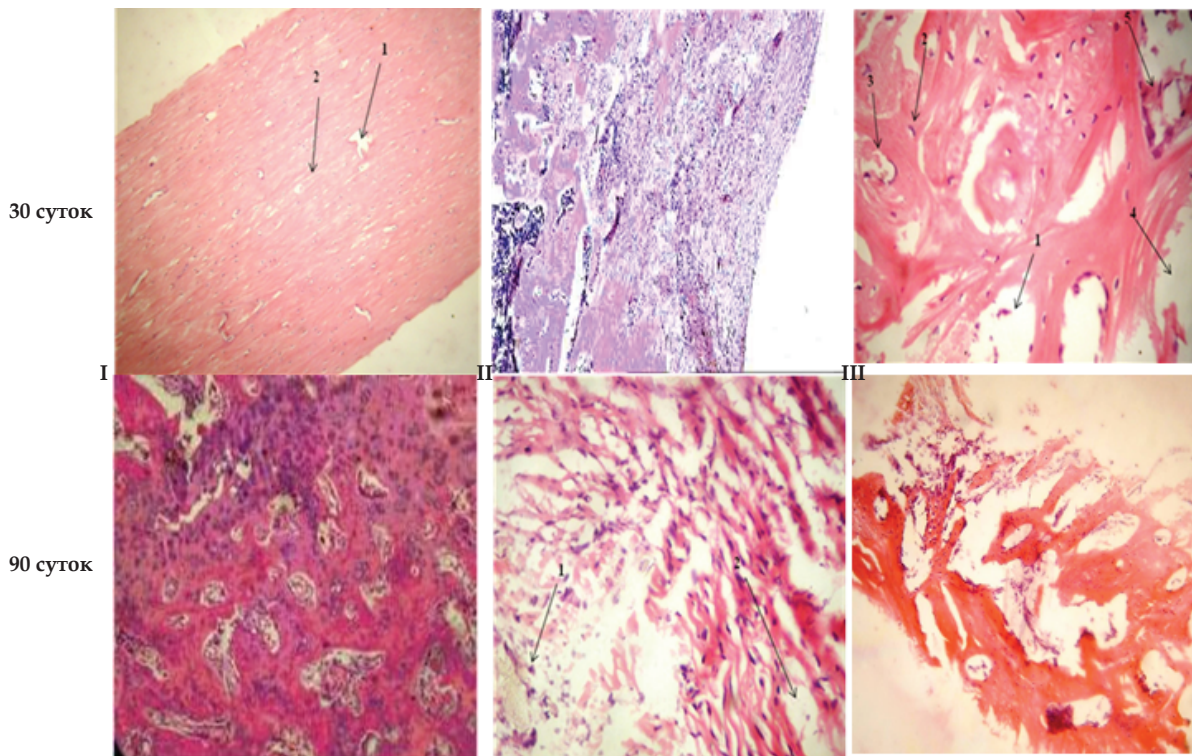


Рис. 2. Гистологический срез костной ткани в области повреждения на 30, 90-е сутки: I - аутотрансплантат (Ув.×100); II - ПГА (Ув.×100); III - ПГА/тиенам (Ув.×200). Окр. гем.-эоз. (1 - формирующаяся костная балка, 2 - лизированная костная балка, 3 - костный мозг, 4 - дефект костной ткани, 5 - лейкоцитарная инфильтрация).

животных первой и второй исследуемых групп рентгенологически подтверждалось восстановление анатомической структуры кости. В группе сравнения в эти сроки сохранялась неоднородность структуры регенерата и утолщение надкостницы.

При исследовании микробного профиля группы сравнения на 30 и на 90-е сутки высевались ассоциации микробов преимущественно в 48,2% *Staphylococcus aureus*, в 55,9% ассоциации грамм + и анаэробных микроорганизмов, *E. Coli* (табл. 3).

В первой исследуемой группе животных на 30 сутки высевались ассоциации микробов преимущественно в 44,1% *Staphylococcus aureus*, в 51,8% - ассоциации грамм + и анаэробных микроорганизмов, *E. Coli*, на 90 сутки результаты бактериоскопических исследований были отрицательными. В третьей группе животных на 30 и 90-е сутки при бактериоскопическом исследовании микробы не высевались. Полное восстановление анатомической структуры костной ткани наблюдали во второй исследуемой группе животных. В группе сравнения полноценного восстановления костной структуры не наблюдали, сохранялись явления воспаления и распространения инфекционного процесса.

При гистологическом исследовании препаратов первой и второй исследуемой группы с имплантатами ПГА и ПГА/тиенам на 30-е сутки, дефект в центре был заполнен грубоволокнистой соединительной тканью с выраженной перифокальной пролиферацией капиллярного типа сосудов, очаговой лимфоцитар-

ной инфильтрацией (рис. 2). Преимущественно вокруг новообразованных сосудов отмечены очаги примитивного остеогенеза с формированием остеоидноподобных масс, а также костных балок с нарушенной архитектоникой, хаотичным расположением остеоцитов. Зона остеогенеза характеризовалась выраженной базофилией клеток и остеоמוкоида развивающейся костной ткани.

В группе сравнения в эти сроки дефект был заполнен рыхлой соединительной тканью с участками грануляционной и фибро-ретикулярной ткани и остатками детрита. Отмечена выраженная лейкоцитарная инфильтрация регенерата, гиперемия кровеносных сосудов со стазом форменных элементов крови, периваскулярный отек, сосудистая сеть была слабо выражена.

При гистологическом исследовании на 60-е микроскопически дефект в экспериментальной группе ПГА/тиенам был представлен сетью переплетающихся костных перекладин различной степени зрелости. Наблюдался явления активной перестройки грубоволокнистой костной ткани в пластинчатую кость. В группе сравнения наблюдали снижение темпов регенерации. В центре дефекта сохранялись прослойки плотной неоформленной соединительной ткани с чрезмерным отложением коллагеновых волокон, что создавало механический барьер на пути роста хрящевой и костной ткани. На границе рубцовой и костной тканью наблюдались очаги активно пролиферирующего хряща.

На 90-е сутки во всех препаратах 1 и 2 исследуемых групп наблюдали признаки, указывающие на восстановление целостности костной структуры. Надкостница полностью моделирована, состояла из наружного и внутреннего слоев. Костная ткань различной степени зрелости, пластинчатого строения, расположение остеонов нерегулярное, увеличивалось количество зрелых фиброцитов и остеоцитов. Межточное вещество становилось оптически более плотным и гомогенным. В группе сравнения на 90-е сутки область дефекта определялась по сужению костной ткани в месте операции. Кортикальная пластинка сужена, клетки малочисленны, в межбалочных пространствах сосуды синусоидного типа, костномозговой канал либо резко сужен, либо закрыт замыкательной пластинкой.

В ходе эксперимента установлено, что при пластике остеомиелитических полостей пломбировочным материалом ПГА купирование воспалительного процесса, заживление послеоперационных ран и восстановление функциональных свойств оперированных конечностей происходило в 1,2 раза быстрее, чем в группе сравнения. Количество послеоперационных осложнений у животных исследуемых групп было в 3 раза меньше, чем в группе сравнения. Рентгенологиче-

ски доказано, что при использовании материала ПГА полное восстановление структуры костной ткани и закрытие дефектов происходило во второй исследуемой группе, там, где был использован композитный пломбировочный материал ПГА. Морфогенез репаративных процессов в экспериментальных полостях бедренных костей кроликов после пластики материалом ПГА характеризовался восстановлением анатомической и функциональной целостности костей к 90-м суткам. При замещении костной полости костным аутотрансплантантом восстановления костной структуры не происходило.

### Выводы

Пломбировочный материал порошкообразного ПГА и смеси ПГА/тиенам пригоден для пластики костных полостей, инфицированных *Staphylococcus aureus*, обладает выраженными остеопластическими свойствами, медленно деградирует *in vivo*, обеспечивая нормальное протекание репаративного остеогенеза. Результаты позволяют рекомендовать ПГА в качестве костнопластического материала для восстановления дефектов костной ткани и требуют дальнейшего изучения.

### Список литературы

1. Абаев Ю.К., Швец И.А., Клецкий С.К. Подострый и первично-хронический остеомиелит в детской возрастной группе. Вест. хир. 2005; 4: 54-57.
2. Амирасланов Ю.А., Светухин А.М., Борисов И.В. Современные принципы хирургического лечения хронического остеомиелита. Инфекции в хирургии. 2004; 1: 8-13.
3. Гостищев В.К. Основные принципы этиотропной терапии хронического остеомиелита. Хирургия. 1999; 9: 38-42.
4. Леонова С.Н. Причины и профилактика хронического травматического остеомиелита. Травматол. и ортопедия России. 2006; 2: 186.
5. Стрелков Н.С., Гаврилов А.Н., Петрова Е.В. Новое в лечении остеомиелита длинных трубчатых костей. Травматол. и ортопедия России. 2006; 2: 276.
6. Шерено К.М. Диагностика и лечебная тактика при асептической нестабильности и остеомиелите после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава по К.М. Сивашу. Вест. травматол. и ортопед. 1999; 1: 7-10.
7. Valappil S.P., Misra S.K., Boccaccini A.R. et al. Biomedical applications of polyhydroxyalkanoates: an overview of animal testing and *in vivo* responses. Expert Rev. Med. Devices. 2006; 3: 6: 853-868.
8. Greenfield Ed M., J. Bechtold. What other biologic and mechanical factors might contribute to osteolysis. J. Am. Acad. Ortho. Surg. 2008; 16: 6: 56-62.
9. Lemos P.C., Levantesi C., Serafim L.S. et al. Microbial characterisation of polyhydroxyalkanoates storing populations selected under different operating conditions using a cell-sorting RT-PCR approach. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2008; 78: 2: 351-360.
10. Kocaoglu M., Eralp L., Rashid H. et al. Reconstruction of Segmental Bone Defects Due to Chronic Osteomyelitis with Use of an External Fixator and an Intramedullary Nail. J. Bone Joint Surg. (American). 2006; 88: 2137-2145.
11. Sudesh K. Microbial polyhydroxyalkanoates (PHAs): an emerging biomaterial for tissue engineering and therapeutic applications. Med. J. Malaysia. 2004; 59: 5: 55-56.
12. Yang X., Zhao K., Chen G.Q. Effect of surface treatment on the biocompatibility of microbial polyhydroxyalkanoates. Biomaterials. 2002; 23: 5: 1391-1397.

Поступила 05.06.2012 г.

## References

1. Abaev Iu.K., Shvets I.A., Kletskii S.K. Subacute and primary chronic osteomyelitis in children. *Vestnik khirurgii*, 2005; 4: 54-57. – (In Russian).
2. Amiraslanov Iu.A., Svetukhin A.M., Borisov I.V. Modern principles of surgical treatment of chronic osteomyelitis. *Infektsii v khirurgii*, 2004; 1: 8-13. – (In Russian).
3. Gostishchev V.K. The basic principles of causal treatment of chronic osteomyelitis. *Khirurgiia*, 1999; 9: 38-42. – (In Russian).
4. Leonova S.N. Causes and prevention of chronic traumatic osteomyelitis. *Travmatologia i ortopediia Rossii*, 2006; 2: 186. – (In Russian).
5. Strelkov N.S., Gavrilov A.N., Petrova E.V. New in the treatment of osteomyelitis of long bones. *Travmatologia i ortopediia Rossii*, 2006; 2: 276. – (In Russian).
6. Sherepo K.M. Diagnosis and treatment tactics for aseptic instability and osteomyelitis after total arthroplasty of the hip by K.M. Sivash. *Vestnik travmatologii i ortopedii*, 1999; 1: 7-10. – (In Russian).
7. Valappil S.P., Misra S.K., Boccaccini A.R. et al. Biomedical applications of polyhydroxyalkanoates: an overview of animal testing and in vivo responses. *Expert Rev. Med. Devices*, 2006; 3: 6: 853-868.
8. Greenfield Ed M., J. Bechtold. What other biologic and mechanical factors might contribute to osteolysis. *J. Am. Acad. Ortho. Surg.*, 2008; 16: 6: 56-62.
9. Lemos P.C., Levantesi C., Serafim L.S. et al. Microbial characterisation of polyhydroxyalkanoates storing populations selected under different operating conditions using a cell-sorting RT-PCR approach. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2008; 78: 2: 351-360.
10. Kocaoglu M., Eralp L., Rashid H. et al. Reconstruction of Segmental Bone Defects Due to Chronic Osteomyelitis with Use of an External Fixator and an Intramedullary Nail. *J. Bone Joint Surg. (American)*, 2006; 88: 2137-2145.
11. Sudesh K. Microbial polyhydroxyalkanoates (PHAs): an emerging biomaterial for tissue engineering and therapeutic applications. *Med. J. Malaysia*, 2004; 59: 5: 55-56.
12. Yang X., Zhao K., Chen G.Q. Effect of surface treatment on the biocompatibility of microbial polyhydroxyalkanoates. *Biomaterials*, 2002; 23: 5: 1391-1397.

Received 05.06.2012

## Информация об авторах

1. Винник Юрий Семенович – д.м.н., проф., зав. кафедрой общей хирургии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф.Войно–Ясенецкого.
2. Шишацкая Екатерина Игоревна – д.б.н., зав. кафедрой медицинской биологии Сибирского Федерального Университета
3. Маркелова Надежда Михайловна – к.м.н., доц. кафедры общей хирургии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф.Войно–Ясенецкого; e-mail: markelova\_nadya@mail.ru
4. Шагеев Андрей Анварович – аспирант кафедры общей хирургии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф.Войно–Ясенецкого.
5. Хоржевский Владимир Алексеевич – к.м.н., асс. кафедры общей хирургии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф.Войно–Ясенецкого
6. Перьянова Ольга Владимировна – к.м.н., зав. кафедрой микробиологии им. доц. Б.М. Зельмановича, Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф.Войно–Ясенецкого.
7. Шумилова А.А. – аспирантка Сибирского Федерального университета
8. Василеня Екатерина Сергеевна – к.м.н., ассистент кафедры общей хирургии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф.Войно–Ясенецкого

## Information about the authors

1. Vinnick Iu. – prof., Head of General Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F.Voyno-Yasenetsky
2. Shishatskaya C. – Ph.D., Head. Department of Medical Biology, Siberian Federal University, Institute of Basic Biology and Biotechnology
3. Markelova N. – Ph.D., PhD, Department of General Surgery Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F.Voyno-Yasenetsky, markelova\_nadya@mail.ru
4. Shageev A. – a graduate student, Department of General Surgery Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F.Voyno-Yasenetsky
5. Khorzhevskii V. – Ph.D., Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F.Voyno-Yasenetsky
6. Per'ianova O. – Ph.D., Head of Microbiology. Assoc. BM Zelmanowitz, Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F.Voyno-Yasenetsky
7. Shumilova A. – graduate student, Siberian Federal University, Institute of Basic Biology and Biotechnology
8. Vasilenia E. – MD, PhD, Department of General Surgery, Krasnoyarsk State Medical University by prof. V.F.Voyno-Yasenetsky