



МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ФИКСАТОР ДЛЯ ПЕРЕДНЕГО СПОНДИЛОДЕЗА ПРИ ОСКОЛЬЧАТЫХ ПЕРЕЛОМАХ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

А.Б. Макаров¹, К.С. Сергеев^{2,3}, В.В. Гузеев⁴, Я.А. Каменчук⁵, Т.В. Дружинина⁵, Е.А. Зеличенко⁴, Р.В. Паськов^{2,3}

¹Ноябрьская центральная городская больница

²Тюменская государственная медицинская академия

³Тюменский областной травматолого-ортопедический центр

⁴Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

⁵ФГУП «Экспериментальные производственные мастерские», Москва

Цель исследования. Изучение прочностных характеристик системы «кость — имплантат» при переднем межтеловом спондилодезе и зоны контакта имплантата с костью при использовании стандартного и инновационного протезов тела позвонка на основании анализа результатов нагрузочного тестирования.

Материал и методы. Для экспериментального исследования подготовлены серийные и модифицированные сетчатые имплантаты для переднего спондилодеза. Образцы устанавливали между макетами тел позвонков, изготовленных из полиуретана, и закрепляли по принципу переднебоковой фиксации. Проводили испытания на сжатие на универсальном динамометре. Проанализирован опыт оперативного лечения 12 пациентов с оскольчатыми переломами грудного и поясничного отделов позвоночника с применением модифицированного сетчатого имплантата. **Результаты.** Использование модифицированного сетчатого имплантата для переднего спондилодеза статистически достоверно повышает стабильность системы «кость — имплантат». Его применение позволило добиться хорошего результата у 100 % прооперированных пациентов.

Заключение. Конструктивные особенности усовершенствованных фиксаторов, их биоактивные свойства способствуют оптимизации и сокращению сроков формирования прочного костно-металлического блока оперированных сегментов, что позволяет улучшить результаты оперативного лечения при оскольчатых переломах грудных и поясничных позвонков методом переднего спондилодеза.

Ключевые слова: сетчатый имплантат, передний спондилодез, испытание на сжатие, сила нагружения, эксперимент.

MODIFIED FIXATOR FOR ANTERIOR SPINAL FUSION FOR COMMUNUTED FRACTURES IN THE THORACIC AND LUMBAR SPINE

A.B. Makarov, K.S. Sergeev, V.V. Guzeev, Y.A. Kamenchuk, T.V. Druzhinina, E.A. Zelichenko, R.V. Pas'kov

Objective. To investigate strength characteristics of the bone—implant system for anterior intervertebral fusion and of the implant-bone contact zones of standard and innovative vertebral body implants by analysis of stress testing data.

Material and Methods. Standard and modified mesh implants for anterior fusion were prepared for the study. Samples were placed between polyurethane vertebra models and fixed in accordance with principles of anterolateral fixation. Compression tests were performed with universal dynamometer. The experience of surgical treatment of 12 patients with comminuted fractures of the thoracic and lumbar spine using modified mesh implants was analyzed.

Results. Application of modified mesh interbody implant for anterior fusion statistically reliably increases the implant-bone system stability. It provided good results after surgery in 100 % of patients.

Conclusion. Design features and bioactive properties of the modified fixator optimize and accelerate formation of a solid bone-metal block of the operated segments. This improves surgical results of anterior fusion for comminuted fractures of the thoracic and lumbar spine.

Key Words: mesh implant, anterior fusion, compression test, loading force, experiment.

Hir. Pozvonoc. 2012;(2):16—23.

Проблема лечения неосложненной и осложненной травм грудного и поясничного отделов позвоночника остается одной из наиболее обсуждаемых в современной вертебрологии. Анатомические и биомеханические особенности указанных отделов позвоночника ведут к тому, что переломы грудных и поясничных позвонков составляют наибольшую группу (до 55 %) от всех повреждений позвоночного столба [12, 13, 15]. В структуре механической травмы пациенты с повреждениями позвоночника составляют относительно небольшую долю (0,8–4,0 %). Из года в год отмечается тенденция к увеличению частоты и тяжести травм позвоночника. Длительный срок нетрудоспособности, высокий процент выхода на инвалидность при данных повреждениях и то, что до 70 % пострадавших являются лицами трудоспособного возраста, делают проблему лечения травм грудного и поясничного отделов позвоночника не только медицинской, но социальной и экономической [4, 7, 15, 23].

В настоящее время хирургическое вмешательство является методом выбора при лечении неосложненных и осложненных оскольчатых переломов грудного и поясничного отделов позвоночника. Наиболее патогенетически и биомеханически обоснованным методом оперативного лечения, обеспечивающим оптимальное восстановление нормальной анатомии позвоночного столба и позвоночного канала, является передний межтеловой спондилодез [13, 16, 21, 22]. Большие эволюционные изменения претерпели взгляды на выбор материала для замещения костного дефекта, образовавшегося после резекции тела позвонка, и на восстановление опороспособности позвоночника. Костный аутоотрансплантат в настоящее время уже не является золотым стандартом в хирургии позвоночника. Его применение сопряжено с увеличением времени оперативного вмешательства, с нанесением дополнительной травмы пациенту и ограничением объема забираемого трансплантата. Кро-

ме того, аутогенная кость довольно быстро резорбируется и деградирует еще до полного заживления костного дефекта, что ведет к потере достигнутой коррекции и нарушению стабильности позвоночника [1, 8, 20]. По тем же причинам костный аутоотрансплантат в значительной степени утратил свою роль и как биопластический материал, а биоактивные материалы на основе фосфатов кальция явились достойной альтернативой [10, 11, 25, 27]. В современной оперативной вертебрологии для замещения костных дефектов и восстановления опороспособности позвоночника при оскольчатых переломах грудных и поясничных позвонков наибольшее распространение получили имплантаты из титанового сплава и никелида титана. Процесс появления и совершенствования имеющихся межтеловых фиксаторов идет непрерывно. Это указывает на то, что, несмотря на все положительные стороны указанных устройств, не до конца решены проблемы замедленного формирования костно-металлического блока или полного несращения при оперативном лечении переломов груднопоясничного отдела позвоночника, потери достигнутой в ходе оперативного лечения коррекции деформации в результате миграции имплантата. Частота указанных осложнений колеблется, по данным разных авторов [2, 5, 6, 12, 17, 19, 24, 26], от 5 до 20 %. По нашему мнению, невозможность остеоинтеграции в структуру имплантата в результате отсутствия биоактивных свойств существующих устройств для переднего межтелового спондилодеза является одним из основных факторов, обуславливающих возможность развития осложнений.

Одним из перспективных направлений в хирургии позвоночника является применение в качестве пластического материала для замещения костного дефекта биоактивных материалов на основе фосфатов кальция, близких по своим характеристикам костной ткани человека. К таким материалам, в частности, относится гидроксиапатит (ГА). Он облада-

ет свойствами стимулирования роста костной ткани (эффект остеоиндукции), способен играть роль пассивного костного матрикса, поддерживая тем самым процесс пролиферации и дифференцировки клеток (эффект остеокондукции), и может образовывать непосредственную связь с биологической системой с образованием на нем или замещением его костной тканью (эффект остеоинтеграции) [3]. В последнее время выделяют также барьерную функцию, которая, в случае нанесения ГА на металлический имплантат, заключается в минимизации процессов коррозии в имплантате под воздействием биологических жидкостей, с одной стороны, и предупреждении проникновения ионов металла в окружающие ткани – с другой [18]. К сожалению, механические свойства чистого ГА существенно ограничивают область его применения. Нанесение ГА на металлический имплантат позволяет создать устройство, обладающее, с одной стороны, необходимой прочностью, с другой – проявляющее биоактивные свойства, присущие ГА. Переход к наноструктурированному ГА-покрытию позволяет максимально приблизить свойства биоактивного покрытия к характеристикам натуральной кости, что усиливает его биологическую активность в результате регулирования фазового состава, пористости, дисперсности и других характеристик материала [9].

На кафедре травматологии, ортопедии и ВПХ Тюменской государственной медицинской академии разработан имплантат для оперативного лечения оскольчатых переломов грудных и поясничных позвонков, сочетающий в себе преимущества металлоконструкций из титанового сплава с биоактивными характеристиками ГА как материала, обеспечивающего гарантированное формирование костно-металлического блока за более короткое время [14]. Проведено экспериментальное исследование, в котором изучены прочностные характеристики макета системы «кость – имплантат» при переднем спондило-

дезе и процессы, происходящие в зоне контакта имплантата с костью.

Цель исследования – изучение прочностных характеристик системы «кость – имплантат» при переднем межтеловом спондилодезе и зоны контакта имплантата с костью при использовании стандартного и инновационного протезов тела позвонка на основании анализа результатов нагрузочного тестирования.

Материал и методы

В ходе эксперимента внешней нагрузке подвергали стандартный и модифицированный имплантаты, предназначенные для замещения тела позвонка при операциях переднего спондило-

деза. В качестве контрольного образца использовали протез тела позвонка «Атлант-22», представляющий собой блок-решетку (mesh). Основным образцом – модифицированный сетчатый имплантат, представляющий собой блок-решетку, в торцевые отверстия которой установлены вставки грибовидной формы [14] (рис. 1). Контрольный и основной образцы изготовлены из титана ВТ6.

Применение торцевых вставок, по нашему мнению, позволяет улучшить адаптацию имплантата в костном дефекте, образовавшемся после резекции тела позвонка, и повысить стабильность системы «кость – имплантат».

Геометрические характеристики торцевых вставок, в частности высо-

та сегментарной части и длина дуги сегмента, разработаны в результате изучения анатомо-морфометрических показателей тел Th₁₂–L₁–L₂ позвонков как наиболее часто травмируемых при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника. С этой целью проанализировали боковые спондилограммы 116 пациентов в возрасте от 19 до 60 лет.

Расчет длины дуги (рис. 2) производили по формуле:

$$L = (\alpha \pi R) / 180,$$

где R – радиус окружности, дуга которой является рентгенологической проекцией замыкательных пластинок исследуемых позвонков; h – длина перпендикуляра от середины линии, соединяющей точки соприкосновения блок-решетки с замыкательной пластинкой позвонка до наиболее вогнутой точки замыкательной пластинки (в геометрии этой величине соответствует высота шарового сегмента); α – центральный угол окружности, являющейся касательной к рентгенологической проекции замыкательной пластинки исследуемых позвонков, образованный радиусами к точкам соприкосновения блок-решетки с замыкательной пластинкой позвонка.

Использование торцевых вставок различных типоразмеров (рис. 3), отличающихся друг от друга высо-



Рис. 1

Модифицированный сетчатый имплантат

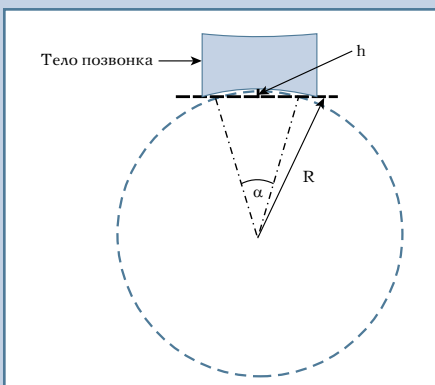


Рис. 2

Вычисление длины дуги



Рис. 3

Торцевые вставки различных типоразмеров

той головки, придает модифицированному сетчатому имплантату свойства изменяемой геометрии и позволяет максимально точно адаптировать имплантат под размер костного дефекта, образовавшегося после резекции тела травмированного позвонка.

Основной образец покрыт ГА методом микродугового оксидирования. Нанесение покрытия выполнено на производственной базе клинической больницы № 81 Северска. Характеристики ГА-покрытия приведены в табл. 1.

В качестве макета тела позвонка использовали блоки для биомеханических испытаний, изготовленные из полиуретана. Размер блоков 50 x 40 x 40 мм. Механические характеристики использованных полиуретановых блоков близки по показателям к механическим характеристикам костной ткани: модуль упругости у поясничных позвонков 0,160 ГПа, у полиуретановых блоков – 0,137 ГПа; прочность на сжатие – 5,0 и 5,4 МПа соответственно.

Контрольный и основной образцы устанавливали между макетами тел позвонков и закрепляли по принципам переднебоковой фиксации таким образом, что ось симметрии имплантата совпадала с осью симметрии макетов тел позвонков.

Тестирование проводили на базе лаборатории физики прочности Института физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск).

Проводили испытания на сжатие на универсальном динамометре «Instron 1185». Каждую исследуемую систему подвергали дозированной нагрузке по продольной оси со скоростью 1 мм в минуту. Полученные кривые нагружения анализировали с целью определения характера взаимодействия контрольного и основного образцов с макетами тел позвонков. Фиксировали моменты ускорения нарастания деформации в исследуемых системах при относительно небольшом увеличении силы нагружения, что соответствовало началу разрушения блоков для биомеханических

испытаний, которые были использованы в качестве макетов тел позвонков.

С использованием модифицированных межтеловых сетчатых имплантатов прооперировали 12 больных (9 мужчин, 3 женщины) 20–48 лет с компрессионно-оскольчатыми переломами грудных и поясничных позвонков. У всех переломы получены в результате высокоэнергетической травмы – падения с высоты (66,7 %) или ДТП (33,3 %). У 3 пациентов были повреждения на уровне Th₉–Th₁₁, у 7 – Th₁₂–L₁, у 2 – L₂–L₅. Клиническая картина переломов грудных и поясничных позвонков сопровождалась неврологическим дефицитом различной степени тяжести (от радикулопатии до нижнего парапареза с нарушением функции тазовых органов) у 3 пострадавших. Все пациенты оперированы в сроки до двух недель с момента получения травмы. Методика переднего первично-стабильного остеосинтеза с использованием шурупно-стержневых и пластинчатых систем применена у 4 (33,3 %) пациентов;

циркулярного спондилодеза в виде сочетания переднего межтелового спондилодеза и транспедикулярной фиксации – у 8 (66,7 %).

Статистическую обработку полученных данных проводили средствами интегрированной статистической системы «Statistica V5.5A». Для статистической обработки результатов исследования использовали метод вариационной статистики: вычисление средней арифметической и ее ошибки, оценка достоверности различий между группами по непараметрическому тесту Wilcoxon с определением показателя статистической достоверности ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение

Результаты испытания контрольного и основного образцов имплантатов для переднего спондилодеза в основной и контрольной группах в тесте на сжатие приведены в табл. 2.

Сила нагружения, необходимая для начала разрушения макета тела

Таблица 1

Характеристики гидроксиапатитового покрытия модифицированного имплантата для переднего межтелового спондилодеза

Характеристики	Показатели
Толщина покрытия, мкм	50–90
Пористость, %	42–45
Размеры пор, нм	10–100
Адгезионная прочность к подложке, МПа (не менее 4 кг/мм ²)	>20
Шероховатость, мкм	4–6
Фазовый состав, %	30 (аморфная фаза) 70 (кристаллическая фаза)

Таблица 2

Сила нагружения, вызывающая начало разрушения макета тела позвонка при моделировании операции переднего межтелового спондилодеза в сериях и группах образцов, Н

Серия	Контрольная группа	Основная группа
1	1481,5	1708,2
2	1498,0	1654,3
3	1438,0	1694,8
4	1445,5	1730,3
5	1494,5	1648,9
M ± m	1471,50 ± 12,51	1687,00 ± 15,66

позвонка, статистически достоверно больше ($p \leq 0,05$) при использовании модифицированного имплантата для переднего спондилодеза.

Результат нагрузочных тестов систем «имплантат – макет позвонка» в контрольной и основной группах образцов представлен на рис. 4.

Из анализа данного графика следует, что в случае испытания основного образца нарастание деформации шло медленнее, чем в случае испытания контрольного образца при одной и той же скорости нагружения.

У всех пациентов, пролеченных с использованием модифицированных межтеловых сетчатых имплан-

татов, получены хорошие результаты. Срок ремобилизации – $5,8 \pm 1,2$ дня. Срок формирования костно-металлического блока – от 2,0 до 2,5 мес., что подтверждено данными КТ. Потеря достигнутой коррекции деформации в отдаленном периоде минимальна, в среднем не превышала $1,6^\circ \pm 1,3^\circ$. Данные инструментального обследования коррелировали с субъективными ощущениями пациентов. У всех пациентов на момент проведения контрольного КТ-обследования в сроки 2,0–2,5 мес. после операции отсутствовал болевой синдром. Практически у всех пациентов в указанные сроки восстановился уровень качества жизни и двигательной активности, характерные для периода до полученной травмы. Сравнение показателей, полученных при оценке качества жизни по опроснику Освестри в сроки через 2 и 6 мес. после оперативного лечения, показало снижение индекса Освестри в среднем с 32,4 до 21,2 %. У пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой отмечен полный регресс неврологической симптоматики в ближайшем послеоперационном периоде.

Клинический пример 1. Пациент Р., 28 лет, госпитализирован в экстренном порядке с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, усиливающиеся при движении. Травма получена при падении с высоты.

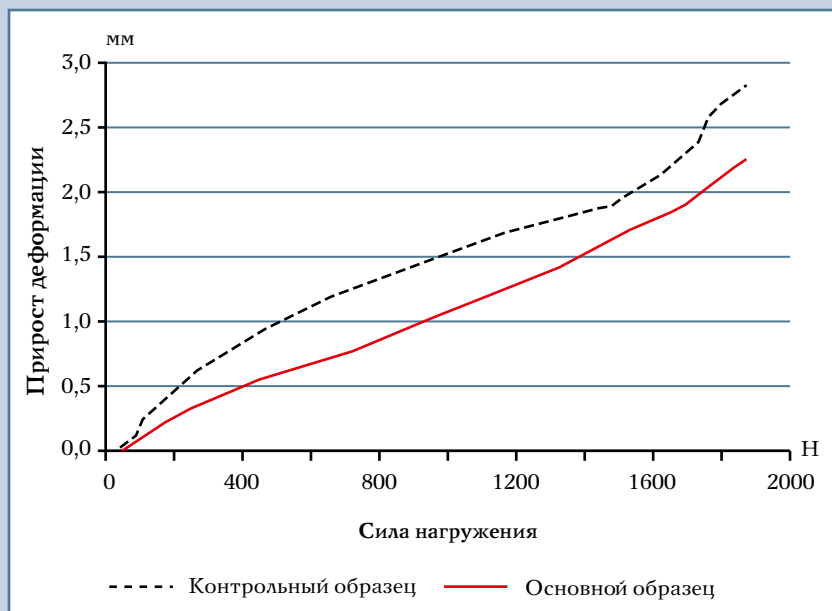


Рис. 4

Зависимость прироста деформации от силы нагружения в системе «имплантат – макет позвонка» в контрольной и основной группах образцов

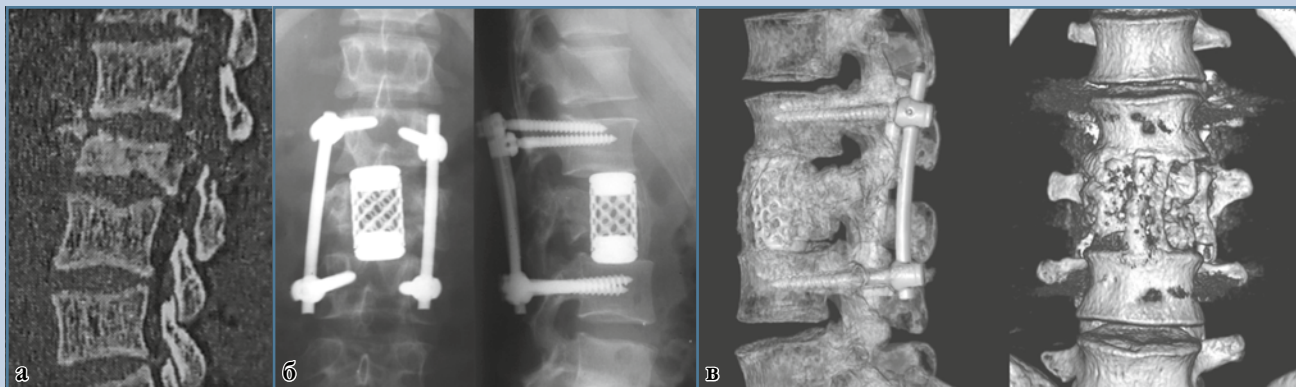


Рис. 5

Рентгенограммы и КТ пациента Р., 28 лет, до (а), после (б) и через 10 недель (в) после оперативного лечения

Состояние при поступлении средней степени тяжести. При объективном осмотре положительный симптом возжей, пальпация по остистым отросткам поясничного отдела позвоночника резко болезненна в проекции L_1 – L_3 позвонков. Движения в нижних конечностях сохранены. Нарушений чувствительности не выявлено. На рентгенограммах и КТ диагностирован компрессионно-оскольчатый перелом тела L_3 позвонка. Пациент оперирован в срочном порядке. Забрюшинным доступом выполнены субтотальная резекция тела L_3 позвонка, передний бисегментарный межтеловой спондилодез L_2 – L_4 модифицированным имплантатом, заполненным костным аутотрансплантатом. Задним доступом выполнена транспедикулярная фиксация L_2 – L_4 . Послеоперационный период протекал гладко. Пациент вертикализирован на 5-е сут после операции. Через 10 недель после оперативного лечения на КТ констатированы формирование выраженного костно-металлического блока, признаки остеоинтеграции с минимальной потерей коррекции деформации. Жалобы отсутствуют (рис. 5).

Клинический пример 2. Пациент Ш., 27 лет, госпитализирован в экстренном порядке. Жалобы на боль в поясничной области, невозможность передвигаться из-за болей. Травма получена при падении с высоты. Состояние при поступлении удовлетворительное. При объективном осмотре пальпация по остистым отросткам поясничных позвонков болезненна, положительный симптом возжей. Движения в нижних конечностях сохранены. Нарушений чувствительности не выявлено. На рентгенограммах и КТ диагностирован компрессионно-оскольчатый перелом тела L_2 позвонка. Пациент оперирован в срочном порядке через 9 дней после травмы. Забрюшинным доступом выполнены субтотальная резекция тела L_2 позвонка, передний бисегментарный межтеловой спондилодез L_1 – L_3 модифицированным сетчатым имплантатом, заполненным костным аутотрансплантатом, фиксация вентральной шурупно-стержневой системой. Послеоперационный период протекал гладко. Пациент вертикализирован на 6-е сут после операции. Через 10 недель после оперативного лечения на КТ констатированы формирование костно-металлического блока, признаки остеоинтеграции с минимальной потерей коррекции деформации. Жалобы отсутствуют (рис. 6).

Сравнительное тестирование контрольного и основного образцов показало, что применение модифицированного имплантата позволяет уменьшить риск развития такого осложнения при операциях переднего спондилодеза, как потеря достигнутой коррекции в результате миграции имплантата и прорезания его в тела контактных позвонков.

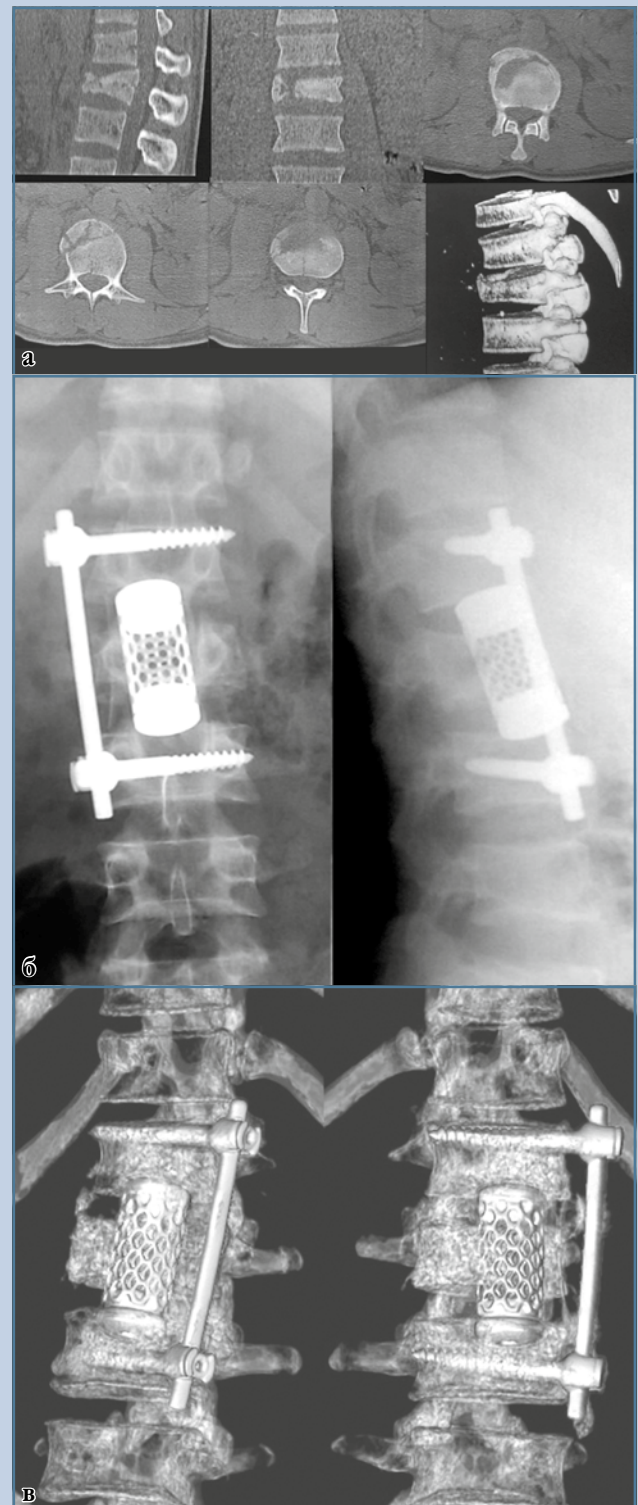


Рис. 6

Рентгенограммы и КТ пациента Ш., 27 лет, до (а), после (б) и через 10 недель (в) после оперативного лечения

При визуальном осмотре после испытаний ни в одном случае не было зафиксировано повреждения ГА-покрытия имплантата, несмотря на довольно значительные силы нагружения.

Применение наноструктурированного ГА-покрытия имплантата позволило ускорить формирование межтелового костно-металлического блока, что обеспечило условия раннего и ускоренного реабилитационно-восстановительного лечения больных. Формирование блока в сроки 2,0–2,5 мес. констатировано у всех прооперированных, что свидетельствует о высоких биоактивных свой-

ствах предложенного модифицированного имплантата.

Заключение

Проведенное экспериментальное исследование и результаты клинического применения модифицированного межтелового сетчатого имплантата показали, что возможности переднего спондилодеза имеют большой потенциал развития. Предложенный модифицированный межтеловой сетчатый имплантат для переднего спондилодеза статистически достоверно повышает стабильность системы «имплантат – кость», способствует сохранению

достигнутой коррекции деформации. Особенности конструкции и установки имплантата в костном ложе, его биоактивные свойства должны способствовать улучшению результатов оперативного лечения при оскольчатых переломах нижнегрудных и поясничных позвонков методом переднего спондилодеза. Достаточно успешные результаты лечения пока еще немногочисленной группы пациентов требуют дальнейшего изучения возможностей применения имплантатов для переднего спондилодеза, обладающих биоактивными свойствами.

Литература

1. Ардашев И.П., Подорожная В.Т., Кирилова И.А. и др. Передний спондилодез в эксперименте // Хирургия позвоночника. 2008. № 1. С. 66–73.
2. Арсениевич В.Б., Зарецков В.В., Шульга А.Е. и др. Результаты применения полисегментарных вентральных систем при повреждениях переходного груднопоясничного отдела позвоночника // Хирургия позвоночника. 2007. № 3. С. 16–19.
3. Баринев С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М., 2005.
4. Валеев Е.К., Хабибянов Р.Я., Валеев И.Е. и др. Хирургические осложнения при транспедикулярной стабилизации травматических повреждений позвоночника // Неврологический вестн. 2008. Т. XI. Вып. 2. С. 10–15.
5. Ветриль С.Т., Кулешов А.А. Хирургическое лечение переломов грудного и поясничного отделов позвоночника с использованием современных технологий // Хирургия позвоночника. 2004. № 3. С. 33–39.
6. Гайдар Б.В., Дулаев А.К., Орлов В.П. и др. Хирургическое лечение пациентов с повреждениями позвоночника грудной и поясничной локализаций // Хирургия позвоночника. 2004. № 3. С. 40–45.
7. Журавлев С.М., Новиков П.Е., Теодоридис К.А. и др. Статистика переломов позвоночника // Проблемы хирургии позвоночника и спинного мозга: Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1996. С. 129–130.
8. Зильберштейн Б.М. Экспериментальные и клинические аспекты пластического восстановления опороспособности позвоночника конструкция-
- ми из пористого никелида титана // Травматол. и ортопед. России. 1994. № 3. С. 22–29.
9. Каменчук Я.А., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В. и др. Композитное кальций-фосфат-хитозановое покрытие на основе нанодисперсного порошка гидроксипатита для биомедицинских применений // Ядерная энергетика: технология, безопасность, экология, экономика, управление: Сб. науч. тр. Томск, 2010. С. 209–211.
10. Кирилова И.А., Фомичев Н.Г., Подорожная В.Т. и др. Новые виды материалов для костной пластики в свете современных представлений о костных трансплантатах // Хирургия позвоночника. 2007. № 2. С. 66–70.
11. Корж Н.А., Грунтовский Г.Х., Барыш А.Е. Металлокерамоспондилодез в хирургии шейного отдела позвоночника // Повреждения и заболевания шейного отдела позвоночника: Тез. докл. симп. с междунар. участием. М., 2004. С. 111–113.
12. Корнилов Н.В., Усиков В.Д. Повреждения позвоночника. Тактика хирургического лечения. СПб., 2000.
13. Паськов Р.В., Сергеев К.С., Фарйон А.О. Клинические и биомеханические аспекты переднего межтелового спондилодеза с использованием имплантатов из пористого NiTi // Хирургия позвоночника. 2006. № 1. С. 20–24.
14. Пат. № 113469 Российская Федерация. Устройство для спондилодеза / Макаров А.Б., Сергеев К.С., Гузеев В.В. и др.; заявл. 16.03.2011; опубл. 20.02.2012, Бюл. № 5.
15. Попов А.В., Савченко П.А., Попов В.П. и др. Комбинированная передняя стабилизация неосложненных повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника // Сибирский мед. журнал. 2010. № 3. С. 79–83.
16. Рамих Э.А., Атаманенко М.Т. Хирургические методы в комплексе лечения переломов грудного и поясничного отделов позвоночника // Вестн. травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова. 2003. № 3. С. 43–48.
17. Раткин И.К., Луцки А.А., Дорофеев Ю.И. и др. Применение армированных имплантатов из пористого никелида титана для формирования переднего опорного спондилодеза у больных, перенесших позвоночно-спинномозговую травму // Хирургия позвоночника. 2004. № 3. С. 46–49.
18. Самохин А.Г., Матюшин А.Ф., Козлов Д.М. и др. Проблемы и перспективы применения различных материалов для создания имплантатов и имплантируемых систем в ортопедии // Инновационные аспекты научно-исследовательских разработок в области вертебрологии, травматологии и ортопедии, нейрохирургии, нейроонкологии: Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Новосибирск, 2010. С. 75–77.
19. Слынько Е.И., Вербов В.В., Соколов В.В. и др. Хирургическая техника вентральной декомпрессии спинного мозга с корпоротомией телескопическими устройствами // Украинский нейрохирургический журнал. 2005. № 4. С. 63–70.
20. Фазиллов Ш.К., Никурадзе В.К., Каранадзе А.Н. и др. Сравнительная оценка различных методов спондилодеза с применением коллапана // Искусственные материалы в травматологии и ортопедии: Сб. тр. М., 2009. С. 99–101.
21. Цивьян Я.Л. Повреждения позвоночника. М., 1971.

22. Цивьян Я.Л. Хирургия позвоночника. М., 1966.
23. Шапиро К.И., Савельев Л.Н., Эпштейн Г.Г. Социально-медицинские аспекты инвалидности от осложненных переломов позвоночника // Вопросы нейроtraвмы и пограничных состояний. Л., 1991. С. 87–93.
24. Arts MP, Peul WC. Vertebral body replacement systems with expandable cages in the treatment of various spinal pathologies: a prospectively followed case series of 60 patients. *Neurosurgery*. 2008;63:537–544.
25. Aubin ME, Eck JC, Lapinsky A, et al. Is iliac crest bone graft still the gold standard in spinal fusion surgery? A survey of spine surgeons: Paper N 99. *Spine*. 2010;(Suppl. 2010 SRS Society Meeting Abstracts):114.
26. Erli HJ, Ruger M, Korinith MC. Anterior spinal implant removal and associated complications. *Eur J Trauma*. 2006;32:244–248.
27. Hench LL. Bioceramics. *J Am Ceram Soc*. 1998;81:1705–1728.
8. Zilbershteyn VM. [Experimental and clinical aspects of plastic recovery of support ability of the spine with porous NiTi implants]. *Travmatologia i Ortopedia Rossii*. 1994;(3):22–29. In Russian.
9. Kamenchuk YaA, Zelichenko EA, Guzeev VV, et al. [Composite calcium phosphate chitosan coating based on nanodispersed hydroxyapatite powder for biomedical applications]. In: *Nuclear Power: Technology, Safety, Ecology, Economy, and Management*. Tomsk, 2010:209–211. In Russian.
10. Kirilova IA, Fomichev NG, Podorozhnaya VT, et al. [New materials for bone grafting in view of current concepts]. *Hir Pozvonoc*. 2007;(2):66–70. In Russian.
11. Korzh NA, Gruntovsky GH, Barysh AE. [Metallo-ceramic fusion in cervical spine surgery]. *Proceedings of the Injuries and Disorders of the Cervical Spine Symposium*, Moscow, 2004:111–113. In Russian.
12. Kornilov NV, Usikov VD. [Spine Injuries. Tactics of Surgical Treatment]. St. Petersburg, 2000. In Russian.
13. Pas'kov RV, Sergeev KS, Faryon AO. [Clinical and biomechanical aspects of anterior interbody fusion with porous NiTi implants]. *Hir Pozvonoc*. 2006;(1):20–24. In Russian.
14. Makarov AB, Sergeev KS, Guzeev VV, et al. [Spinal fusion device]. RU Patent 113469, filed 16.03.2011, publ. 20.02.2012. In Russian.
15. Popov AV, Savchenko PA, Popov VP, et al. [Combined front stabilization of simple injuries of thoracic and lumbar parts of spine]. *Sibirskiy med. zhurnal*. 2010;(3):79–83. In Russian.
16. Ramikh EA, Atamanenko MT. Surgical methods in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures]. *Vestnik Travmatologii i Ortopedii im. N.N. Priorova*. 2003;(3):43–48. In Russian.
17. Ratkin IK, Lutsik AA, Dorofeyev YuI, et al. [Application of reinforced NiTi porous implants for the anterior spinal fusion in patients with spinal injury]. *Hir Pozvonoc*. 2004;(3):46–49. In Russian.
18. Samokhin AG, Matyushin AF, Kozlov DM, et al. [Problems and prospects of various materials to be used in implants and implanted systems for orthopaedics]. *Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference on Innovative Aspects of Research Developments in Vertebrology, Traumatology and orthopaedics, Neurosurgery, and Neurooncology*, Novosibirsk, 2010:75–77. In Russian.
19. Slynko EI, Verbov VV, Sokolov VV, et al. [The spinal cord ventral decompression surgical technique with corporodesis using telescopic devices]. *Ukrainian Neurosurgical Journal*. 2005;(4):63–70. In Russian.
20. Fazilov ShK, Nikuradze VK, Karanadze AN, et al. [Comparative assessment of various fusion methods using Collapane]. In: *Artificial Materials for Traumatology and Orthopaedics*. Moscow, 2009:99–101. In Russian.
21. Tsivyan YaL. [Injuries of the Spine]. Moscow, 1971. In Russian.
22. Tsivyan YaL. [Surgery of the Spine]. Moscow, 1966. In Russian.
23. Shapiro KI, Savelev LN, Epshteyn GG. [Social-medical aspects of disability caused by complicated vertebral fractures]. In: *Problems of Neurotrauma and Borderline States*. Leningrad, 1991:87–93. In Russian.
24. Arts MP, Peul WC. Vertebral body replacement systems with expandable cages in the treatment of various spinal pathologies: a prospectively followed case series of 60 patients. *Neurosurgery*. 2008;63:537–544.
25. Aubin ME, Eck JC, Lapinsky A, et al. Is iliac crest bone graft still the gold standard in spinal fusion surgery? A survey of spine surgeons: Paper N 99. *Spine*. 2010;(Suppl. 2010 SRS Society Meeting Abstracts):114.
26. Erli HJ, Ruger M, Korinith MC. Anterior spinal implant removal and associated complications. *Eur J Trauma*. 2006;32:244–248.
27. Hench LL. Bioceramics. *J Am Ceram Soc*. 1998;81:1705–1728.

References

1. Ardashev IP, Podorozhnaya VT, Kirilova IA, et al. [Experimental anterior fusion]. *Hir Pozvonoc*. 2008;(1):66–73. In Russian.
2. Arsenievich VB, Zaretskov VV, Shulga AE, et al. [Outcomes of polysegmental ventral system application for thoracolumbar junction injuries]. *Hir Pozvonoc*. 2007;(3):16–19. In Russian.
3. Barinov SM, Komlev VS. [Calcium Phosphate Based Bioceramics]. Moscow, 2005. In Russian.
4. Valeev EK, Habibyanov RYa, Valeev IE, et al. [Surgical complications of transpedicular stabilization for traumatic spinal lesions]. *Nevrologicheskiy vestn*. 2008;(2):10–15. In Russian.
5. Vetrile ST, Kuleshov AA. [Surgical treatment for thoracic and lumbar spine fractures with modern technologies]. *Hir Pozvonoc*. 2004;(3):33–39. In Russian.
6. Gaydar BV, Dulayev AK, Orlov VP, et al. [Surgical treatment of patients with thoracic and lumbar spine injuries]. *Hir Pozvonoc*. 2004;(3):40–45. In Russian.
7. Zhuravlev SM, Novikov PE, Teodoridis KA, et al. [Statistics for spinal fracture]. *Proceedings of the All-Russia scientific and practical Conference Problems of the spine and spinal cord surgery*, Novosibirsk, 1996:129–130. In Russian.

Адрес для переписки:

Макаров Александр Борисович
629810, Ноябрьск, ул. Мира, 82, кв. 84,
nojabr2007@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 25.01.2012

А.Б. Макаров, врач травматолог-ортопед, Ноябрьская центральная городская больница; К.С. Сергеев, д-р мед. наук, проф.; Р.В. Паськов, канд. мед. наук, Тюменская государственная медицинская академия, Тюменский областной травматолого-ортопедический центр; В.В. Гузеев, д-р техн. наук, проф.; Е.А. Зеличенко, науч. сотрудник, Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»; Я.А. Каменчук, канд. хим. наук; Т.В. Дружинина, канд. мед. наук, ФГУП «Экспериментальные производственные мастерские», Москва.
A.B. Makarov, MD, Noyabrsk Central Town Hospital; K.S. Sergeev, MD, DMedSci, Prof.; R.V. Pas'kov, MD, PhD, Tyumen State Medical Academy, Tyumen Regional Center of Traumatology and Orthopaedics; V.V. Guzeev, PhD, Prof.; E.A. Zelichenko, researcher, Seversk Institute of Technology affiliated with the National Research Nuclear University MIF; Ya.A. Kamenchuk, PhD; T.V. Druzhinina, MD, PhD, Federal State Unitary Organization «Experimental Manufactory», Moscow.