



ПЕРЕДНИЙ СПОНДИЛОДЕЗ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

И.П. Ардашев¹, В.Т. Подорожная², И.А. Кирилова², С.В. Черницов¹, Е.А. Афонин¹, С.О. Герасимов¹

¹Кемеровская государственная медицинская академия

²Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

Цель исследования. Анализ воздействия костно-пластических материалов «Коллапан» и «Костма» на процессы регенерации костной ткани в эксперименте.

Материал и методы. Эксперименты выполнены на 135 половозрелых лабораторных крысах-самцах линии Wistar. В первой серии эксперимента изучали процессы остеогенеза в экспериментальных костных дефектах без заполнения последних костно-пластическим материалом; во второй серии — при заполнении дефектов материалом «Коллапан»; в третьей — композиционным костно-пластическим материалом «Костма». Методы исследования — экспериментальный, рентгенологический и морфологический. Процесс остеогенеза изучали на гистологических препаратах через 14, 30 и 90 сут после операции.

Результаты. Размеры гранул материала «Коллапан» уменьшаются с течением времени, что является признаком биодеградации и, как следствие, биоактивности костно-пластического материала со способностью к остеointegrации. На поверхности гранул «Коллапана» определяется тонкая соединительно-тканная капсула, что является мерой биосовместимости материала. В отдельных участках эта капсула приобретает характер остеоидной ткани, что свидетельствует о наличии остеогенных свойств. При использовании костно-пластического материала «Костма» для пластики дефекта тела позвонка отмечаются признаки остеокластической резорбции и остеобластического остеогенеза. Это подтверждает наличие остеогенной активности и способности к биодеградации (резорбции), теоретически заложенных при разработке данного материала. Вокруг фрагментов «Костмы» остеобласты формируют новообразованную костную ткань. Отсутствие соединительно-тканной капсулы свидетельствует о высокой степени биосовместимости материала.

Заключение. Изученные композиционные костно-пластические материалы «Коллапан» и «Костма» являются биодеградируемыми и биоактивными материалами, обладают остеогенными свойствами и могут служить матрицей для костеобразования.

Ключевые слова: позвоночник, переломы, репаративная регенерация, биоматериалы.

EXPERIMENTAL ANTERIOR FUSION

I.P. Ardashev, V.T. Podorozhnaya, I.A. Kirilova,
S.V. Chernitsov, E.A. Afonin, S.O. Gerasimov

Objective. To analyze the effect of osteoplastic materials Kollapan and Kostma on the processes of bone tissue regeneration in experiment.

Material and Methods. Experiments were performed in 135 mature laboratory male rats of the Wistar line. The first series of the experiment included the study of osteogenesis processes in induced bone defects without application of osteoplastic material; the second one — with application of Kollapan; and the third one — of Kostma. Experimental, radiological, and morphological methods of investigation were used in study. Osteogenesis process was studied in histological specimens in 14, 30, and 90 days after operation.

Results. Kollapan granules are decreasing in size with time, which is a sign of its biodegradation and, as a consequence, of its bioactivity with osteointegrative potential. A thin connective-tissue capsule is observed at the surface of Kollapan granules, which is a criterion of its biocompatibility. In some sites this capsule acquires the character of osteoid tissue, which is evidence of existence of osteogenic properties. Signs of osteoclastic bone resorption and osteoblastic bone formation are observed when Kostma is used for vertebral body defect reconstruction. This confirms the existence of osteogenic activity and capacity for biodegradation (resorption) which has been designed for this material. Osteoblasts form a newly generated bone tissue around Kostma fragments. The absence of connective tissue capsule testifies to a high degree of the material biocompatibility.

Conclusion. The studied composite osteoplastic materials Kollapan and Kostma are biodegradable and bioactive, possess osteogenic properties and are able to serve as a matrix for bone formation.

Key Words: spine, fracture, reparative regeneration, biomaterial.

Hir. Pozvopoc. 2008;(1):66—73.

Длительное время для замещения дефекта в позвоночнике, восстановления опороспособности, стабилизации позвоночника, профилактики патологического перелома и возможных неврологических осложнений использовались аутотрансплантаты. Однако в конце 90-х гг. XX в. чаще стали встречаться сообщения, что операция взятия аутотрансплантата является дополнительным оперативным вмешательством и сопровождается серьезными осложнениями – болевым синдромом, гематомами, инфекцией, грыжами, переломами передней верхней ости подвздошной кости и расстройствами чувствительности при повреждении латерального кожного нерва бедра, косметическими недостатками. Кроме того, количество забранного материала часто далеко от желаемого [1, 2, 14, 15, 17–19]. Все это повлияло на исследовательскую работу хирургов и ортопедов по поиску новых материалов для костной пластики.

По происхождению все материалы для костной пластики можно разделить на биологические, искусственные (синтетические) и композиционные (композиты). Биологические материалы – это материалы, полученные из тканей человека (ауто- и алломатериалы), животных (ксеноматериалы), и биологически активные молекулы белковой и небелковой природы, обладающие свойствами факторов роста.

Искусственные материалы создаются на основе бета-трикальций фосфата, гидроксиапатита, различных типов керамики, сульфата кальция и др. [2–4, 7–11]

Композиционные материалы изготавливаются в виде смеси синтетических и (или) биологических материалов для придания им синергичных свойств [4, 6–11, 16–18].

В последнее время широкое распространение во всех отраслях восстановительной костно-пластической хирургии получают именно композиционные материалы. Это связано с тем, что ни один из искусственных материалов, используемых

для изготовления имплантатов, не обладает всеми свойствами костной ткани, а цельные фрагменты биологических материалов обладают ограниченным набором свойств. Композиты, которые состоят из двух или нескольких компонентов, принадлежащих к одной или разным группам материалов, объединяют их достоинства и дают возможность получить костно-пластический материал, наиболее близкий к кости по механическим и химическим свойствам. Сочетание разнородных субстанций в композите позволяет получить принципиально новый материал, который по своим свойствам отличается от свойств каждого, отдельно взятого компонента.

В клинической практике, в частности в вертебральной хирургии, для замещения костных дефектов и формирования костного блока используется композиционный материал «Коллапан» [8–11]. Основой материала являются высокоочищенный гидроксиапатит и коллаген, по структуре наиболее близкие к биологическим. «Коллапан» обладает остеогенным действием и является матрицей для вновь образующейся костной ткани [4, 8–10]. В Новосибирском НИИТО в 2003 г. разработан композиционный костно-пластический материал «Костма» [5]. Это биоактивный костно-пластический материал на основе композиции костной алломуки, коллагеновой добавки и двух антибиотиков. Материал хорошо моделируется, обеспечивает быстрое заживление и восстановление костной структуры, локальное равномерное пролонгированное выделение антибиотиков [5, 6].

Цель настоящего исследования – анализ воздействия костно-пластических материалов «Коллапан» и «Костма» на процессы регенерации костной ткани в эксперименте.

Материал и методы

Исследования проведены на 135 крысах-самцах линии Wistar (возраст 5–6 мес., масса 210 ± 30 г), содержащихся в условиях вивария. Животные

были разделены на три серии. В первой серии эксперимента изучали процессы остеогенеза в экспериментальных костных дефектах без заполнения их костно-пластическим материалом; во второй – при заполнении дефектов материалом «Коллапан»; в третьей – при заполнении дефектов композиционным костно-пластическим материалом «Костма». Сроки наблюдения – 15, 30 и 90 сут. На каждом этапе наблюдения использовались 15 животных.

Подготовка животных к операции начиналась с помещения их в изолятор, где они в течение 30 дней проходили карантин в соответствии с санитарными правилами по обустройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев). Животных кормили три раза в день согласно действующему приказу Минздрава СССР № 163 от 10.03.1966 г.

При отборе животных к операции учитывали их поведение, наличие аномалий, признаков ранее перенесенной травмы и общее состояние к началу эксперимента.

Крысы содержались в отдельных клетках вивария и находились на стандартном рационе питания, после операции к рациону питания добавлялись молоко, рыба, витамины.

Предоперационная подготовка животных всех серий эксперимента сводилась к осмотру и взвешиванию. В день операции крыс не кормили и не поили. Непосредственно перед хирургическим вмешательством операционное поле хвостового отдела позвоночника крысы тщательно выбривалось, животное фиксировалось на экспериментальном операционном столике в положении лежа на спине. Хвостовой отдел позвоночника жестко фиксировался на операционном столике. Операционное поле дважды обрабатывалось 70 % раствором этилового спирта, изолировалось салфетками, которые фиксировались к хвосту швами проксимальнее и дистальнее уровня оперативного вмешательства. Затем вновь проводилась обработка операцион-

ного поля 96 % раствором этилового спирта. Анестезия проводилась путем внутрибрюшинного введения 0,3–0,4 мл кетамина за 5 мин до операции. Адекватность анестезии оценивалась посредством подсчета частоты сердечных сокращений и оценки микроциркуляции крови путем субъективного определения цвета, влажности и температуры языка животного.

Доступ к хвостовому отделу позвоночника осуществлялся с вентральной поверхности хвоста животного. Скальпелем послойно рассекались ткани в проекции третьего и четвертого позвонков и обнажались тела позвонков и межпозвоночный диск. Гемостаз осуществлялся 3 % раствором перекиси водорода. Стерильным электрическим бором диаметром 0,2 см проводили формирование паза на уровне 1/2 проксимального и 1/2 дистального отделов тел позвонков, межпозвоночного диска с удалением части замыкательных пластинок третьего и четвертого хвостовых позвонков. Формировался паз, длина которого 0,7 см, ширина – 0,2 см, глубина

– 0,2 см. Проводилась примерка материала, определялись его размеры и возможность вхождения в паз. При легком вытяжении хвостового отдела позвоночника костно-пластический материал (во второй серии пластина из «Коллапана», в третьей – из «Костмы») плотно вставлялся в паз до края тела позвонка (рис. 1). Далее следовали послойное ушивание тканей и кожи, обработка послеоперационного шва 5 % раствором йода, наложение асептической повязки.

По окончании операции проводилась контрольная рентгенография. Животные переводились в послеоперационную комнату, где они находились в течение 3–7 сут. Послеоперационное наблюдение и выхаживание сводились к тщательному клиническому наблюдению, обработке швов и обеспечению дополнительного питания.

Выведение животных из эксперимента осуществлялось по заранее составленному графику в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных

животных», утвержденными приказом Минздрава СССР № 775 от 12.08.1977 г. Все эксперименты и выведение животных из опытов осуществляли под общей анестезией. Для крыс использовали внутрибрюшинное введение кетамина в дозе 5–8 мл, как правило, на 3–4-й мин наступала остановка дыхания, а еще через 5–7 мин – остановка сердечной деятельности.

Клиническое наблюдение за животными проводилось путем оценки общего состояния и осмотра области послеоперационных швов. Рентгенологическое исследование выполнялось аппаратом «АРД-2-125» непосредственно после операции и на разных сроках наблюдения. Фокусное расстояние равнялось 70 см при режиме 44 1 с V и 22 тА. Время экспозиции составляло 0,04 с. Рентгенограммы маркировались фломастером с указанием номера животного и даты проведения рентгенограммы.

Для решения поставленных задач использовались общие морфологические методики, дающие представление о структуре исследуемых тканей (окраска гематоксилин-эозином, по Ван-Гизону). Препарат выделялся из хвостового отдела позвоночника с захватом неповрежденных проксимальных и дистальных тел позвонков. Препараты фиксировали в 12 % растворе нейтрального формалина в течение 2–3 дней. Затем декальцинировали в 10 % растворе трилона-Б (ЭДТА) в течение 10–12 дней, после этого промывали, обезжиривали и заливали в целлоидин или парафин. Из целлоидиновых или парафиновых блоков готовили продольные и поперечные срезы регенерата.

Процесс репаративной регенерации в области перелома изучали под световым микроскопом МБИ-6.

Результаты

Клинические исследования показали, что поведение животных всех групп, их внешний вид, потребление пищи ничем не отличались от исходного состояния в течение всего периода

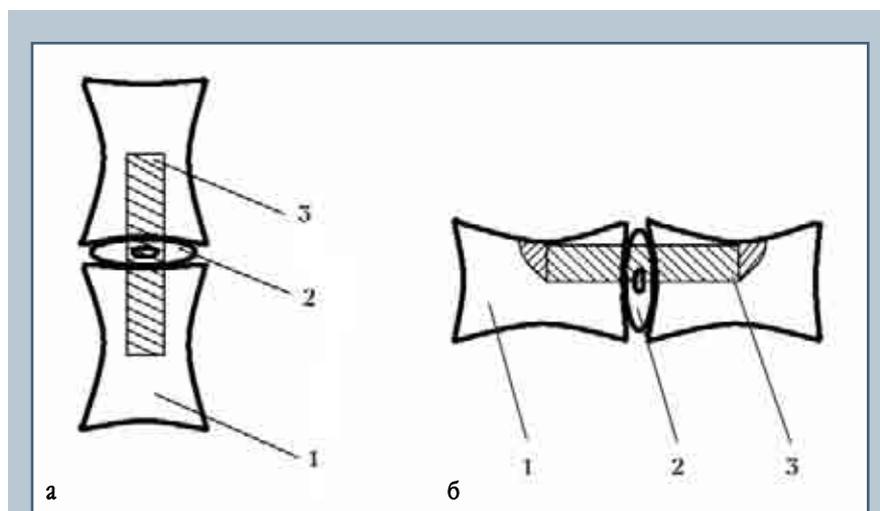


Рис. 1

Экспериментальная модель спондилодеза:

а – в прямой проекции;

б – в боковой проекции

1 – тело позвонка хвостового отдела позвоночника животного; 2 – межпозвоночный диск; 3 – сформированный паз для укладки исследуемых материалов;

наблюдения. Инфекционных осложнений и летальности не наблюдалось.

Рентгенологически в контрольной серии после операции на спондилограммах хвостового отдела позвоночника отмечены дефект замыкательных пластинок тел смежных позвонков на уровне диска, сужение межпозвоночного пространства, формирование кифотической деформации позвоночника в боковой проекции. Через 15 сут после операции рентгенологически четко определяется зона дефекта на уровне каудального отдела третьего позвонка и краниального отдела четвертого позвонка. Размер дефекта тела позвонка составляет 1/4 от общей длины тела позвонка. В указанной зоне отмечаются участки разрежения, уменьшения плотности и изменения структуры костной ткани тел позвонков с деформацией и нарушением целостности краниальной и каудальной замыкательных пластин тел позвонков. Уменьшение плотности костной ткани тел позвонков неоднородно, на фоне зоны разрежения встречаются мелкие участки костной плотности, иногда смещен-

ные в зону измененного диска, что свидетельствует о наличии мелких фрагментов кости в зоне сформированного дефекта. Через 30 сут (рис. 2а) после повреждения позвоночника рентгенологически отмечены признаки, свидетельствующие о дальнейших изменениях в позвонках: зона дефекта становится более широкой, ее края нечеткие, расплывчатые, отмечается неровность замыкательных пластинок тел позвонков, усиливаются признаки резорбции, нарастает кифотическая деформация позвоночника. По истечении 90 сут рентгенологически можно отметить признаки продолжающегося репаративного остеогенеза, нарастают признаки субхондрального склероза, межпозвоночного остеохондроза в виде остеофитов, увеличиваются краниально-вентральный и каудально-вентральный отделы тел позвонков (по типу спондилеза). Кифотическая деформация сохраняется.

При морфологическом исследовании в контрольной серии эксперимента наблюдалось следующее: через 15 сут после операции в зоне повреж-

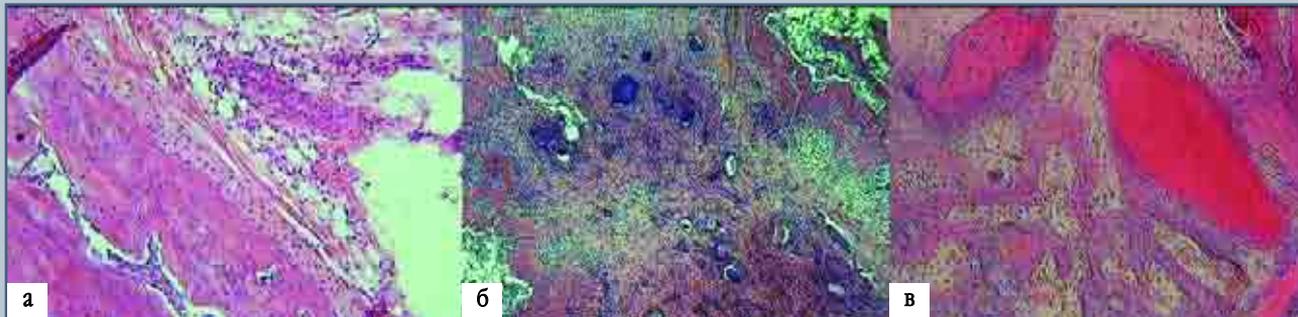
дения тел позвонков и межпозвоночного диска имеются участки безостеоцитной фрагментированной костной ткани. Со стороны материнского ложа по краю дефекта к остеогенной ткани прилегают участки грубопучковых костных балок. Остеогенная ткань в отдельных участках сменяется целыми полями хрящевой ткани и участками рыхловолокнистой ткани с многочисленными фибробластическими элементами. Далее внутрь к центру дефекта отмечается рыхловолокнистая ткань с многочисленными тонкостенными сосудами. Через поврежденную замыкательную пластинку проникают ткани диска, образуя выпячивания в теле позвонка. Ткань диска представлена в виде волокнистого и гиалинового хряща. Архитектоника диска вне зоны повреждения представлена в виде умеренно выраженных признаков дистрофии в отдельных участках. Через 30 сут (рис. 3а) после операции в зоне дефекта обнаруживаются признаки репаративного остеогенеза. Значительные участки выполнены узкопетлистыми сетями молодых костных балочек. Встречаются обломки старых трабекул, окруженных более широким, по сравнению с предыдущим сроком наблюдения слоем новообразованной костной ткани. В области активного остеогенеза остеогенная ткань сменяется в отдельных участках пролиферирующей хрящевой тканью, чередующейся с соединительно-тканевыми участками. Молодые костные балки окружены плотной цепочкой остеобластов. Среди обломков костных структур визуализируются остеокласты – маркеры остеокластической резорбции. Поврежденный диск значительно сужен, особенно в центральных отделах, видны фрагментированные участки хрящевой и костной ткани. В диске поля пролиферации хрящевой ткани, которая переходит через разрывы гиалиновой пластинки в тело позвонка. В хрящевой ткани диска в зоне дефекта наблюдаются хрящевые клетки в виде изогнутых групп, на отдалении в неповрежденном диске



Рис. 2

Рентгенограммы позвоночника экспериментального животного в прямой проекции через 30 сут после операции:

- а** – контрольная серия без костно-пластического материала;
- б** – серия с использованием материала «Коллапан»;
- в** – серия с использованием материала «Костма»

**Рис. 3**

Морфологическая картина остеогенеза через 30 сут после операции; окраска гематоксилин-эозином:

- а** – контрольная серия без костно-пластического материала; x40;
- б** – серия с использованием материала «Коллапан»; x40;
- в** – серия с использованием материала «Костма»; x100

– дистрофические изменения. В гиалиновой пластинке вблизи зоны повреждения – выраженная пролиферация хряща. Через 90 сут после операции без пластики дефекта со стороны материнского ложа зона краевого остеогенеза увеличилась в размерах по сравнению с предыдущим сроком наблюдения и представлена костными балками различной степени зрелости с преобладанием грубопетливой сети широких костных балок со следами остеокластической резорбции. Остеогенез протекает по энхондральному типу. В межбалочных промежутках преимущественно миелоидный костный мозг. Участки диска в зоне дефекта замещены преимущественно волокнистым хрящом, а в отдельных участках зрелой соединительной тканью. Однако центральный отдел дефекта заполнен рыхловолокнистой соединительной тканью без очагов остеогенеза.

Во второй и третьей сериях эксперимента при рентгенологическом исследовании сразу после операции у животных четко определяется послеоперационный дефект в каудально-вентральном отделе вышележащего и краниально-вентральном нижележащего позвонков, определяются контуры уложенного трансплантата. Ось позвоночника сохранена.

Через 15 сут после операции в зоне дефекта отмечается размытость контуров трансплантата, снижение высоты межпозвонкового диска. Через 30 сут (рис. 2б, в) на уровне поврежденного диска отмечаются признаки резорбции, неровности контуров замыкательной пластинки тел позвонков, снижение высоты межпозвонкового диска, умеренно выраженная кифотическая деформация позвоночника. По периферии дефекта появляются элементы нежной костной мозоли в виде облаковидной тени, что свидетельствует о формировании костной мозоли. По истечении 90 сут с момента операции можно констатировать признаки продолжающегося остеогенеза. Линия соединения тел позвонков и трансплантатов перелома определяется все менее четко. Наросли признаки субхондрального склероза замыкательных пластинок тел позвонков. Облаковидная тень стала более плотной. Высота и плотность трансплантата уменьшились, имеются признаки формирования межтелового костного блока.

При морфологическом исследовании во второй серии эксперимента на гистологических препаратах в срок наблюдения 15 сут после операции с пластикой дефекта материалом «Коллапан» отмечено, что зона

дефекта в теле позвонка заполнена костно-пластическим материалом. Среди рыхловолокнистой ткани расположены гомогенные фрагменты «Коллапана» хлопьевидной структуры, окрашивающиеся в темно-синий цвет (окраска гематоксилин-эозином). По периферии дефекта, со стороны материнского ложа, отмечена активизация репаративных процессов. Вокруг фрагментов костно-пластического материала «Коллапан» процессов резорбции нет. Местами наблюдается инвагинация тканей межпозвонкового диска в сформированный дефект тела позвонков. Через 30 сут после операции (рис. 3б) отмечается увеличение зоны остеогенеза со стороны материнского ложа. В центре дефекта сохраняются гранулы материала «Коллапан». На поверхности гранул определяется тонкая соединительно-тканная капсула, которая в отдельных участках приобретает характер остеоидной ткани. Признаков воспалительных изменений в тканях, окружающих «Коллапан», не определяется. В зоне дефекта замыкательных пластинок тел позвонков между краевым дефектом тела позвонка и костно-пластическим материалом наблюдается инвагинация тканей межпозвонкового диска в тела позвонков. Через 90 сут

на гистологических препаратах наблюдался дефект тела позвонка, заполненный гранулами костно-пластического материала. Причем размеры гранул материала уменьшаются с течением времени, хотя остеокласты не визуализируются, вероятно, здесь имеет место не резорбция, а физико-химическое растворение гранул. В отдельных участках по периферии гранул отмечается зона краевого остеогенеза.

При морфологическом исследовании в третьей серии эксперимента на гистологических препаратах в срок наблюдения 15 сут после операции с пластикой дефекта материалом «Костма» отмечена зона дефекта тела позвонка и межпозвонкового диска, заполненная костно-пластическим материалом. В зоне повреждения тел позвонков и межпозвонкового диска отмечается наличие безостеоцитных гомогенных костных гранул костно-пластического материала «Костма», которые различаются по форме и величине. Со стороны материнского ложа по краю дефектов тел позвонков к остеогенной ткани прилегают поля грубопучковых костных балок. Вокруг этих фрагментов в зоне дефекта тел позвонков наблюдались остеокластическая резорбция и остеобластический остеогенез. Промежутки между фрагментами костно-пластического материала заполнены рыхловолокнистой тканью. В зоне дефекта межпозвонкового диска хрящевая ткань проникает через поврежденную замыкательную пластинку в тело позвонка, образуя краевое выпячивание. По краю сформированного дефекта на уровне межпозвонкового диска со стороны материнского ложа наблюдались участки хондрогенеза. Архитектоника диска вне зоны повреждения в отдельных участках представлена в виде умеренных признаков дистрофии. Через 30 сут (рис. 3в) зона дефекта тел позвонков и межпозвонкового диска, заполнена фрагментами костно-пластического материала «Костма», различающимися по форме и величине, которые уменьшились по сравнению

с предыдущим сроком наблюдения. Фрагменты «Костмы» окружены очагами остеогенной ткани остеοидного типа разной величины, отмечается остеокластическая резорбция фрагментов материала. Промежутки между фрагментами костно-пластического материала заполнены рыхловолокнистой тканью. Хрящевая ткань непосредственно контактирует с гранулами имплантированного материала. В зоне дефекта замыкательных пластинок тел позвонков местами наблюдается инвагинация тканей межпозвонкового диска в тела позвонков между краевым дефектом тела позвонка и костно-пластическим материалом. От материнского ложа со стороны тел межпозвонкового диска и гиалиновых пластинок наблюдали активный хондрогенез. Через 90 сут еще определяется зона дефекта в теле позвонка, заполненная различными по величине и форме гранулами костно-пластического материала «Костма». Пространство между гранулами материала заполнено рыхловолокнистой тканью. С периферии костная и хрящевая ткань непосредственно контактируют с гранулами имплантированного материала, так что материал оказывается замурованным в формирующиеся костные балки. Фрагменты материала «Костма» резорбируются остеокластами, местами окружены рыхлой соединительной тканью с сосудами капиллярного типа. Местами вокруг фрагментов «Костмы» отмечается новообразованная костная ткань разной степени зрелости. Со стороны материнского ложа наблюдается активный хондрогенез.

Обсуждение

При оперативных вмешательствах на позвоночнике (переломы, опухоли) возникает необходимость замещения дефектов костно-пластическими материалами [1, 4, 8–11, 13]. Все материалы для костной пластики по происхождению можно разделить на биологические, искусственные и композиционные. Однако в каждой

из групп материалы очень сильно отличаются по своим биопластическим и остеогенным свойствам.

Костезамещающий материал, не зависимо от происхождения, должен обладать хорошими пластическими, остеокондуктивными и остеοиндуктивными свойствами, быть биосовместимым с костной тканью пациента. Несомненно, что наилучшим в этом плане является аутогенный костный трансплантат – все еще золотой стандарт, и его нужно использовать, когда есть возможность, о которой говорилось выше. Аутогенный трансплантат обладает следующими свойствами: остеогенными – содержит живые клетки, способные дифференцироваться в остеобласты; остеοиндуктивными – выделяет биологически активные вещества, способствующие дифференцировке клеток в ложе реципиента в остеобласты; остеокондуктивными – вызывает аппозиционное формирование кости на ее поверхности [2, 6, 7]. Осложнения, связанные с операцией забора аутогенных трансплантатов, изучены достаточно хорошо [1, 2, 13–17]. В ситуациях, когда невозможно использовать аутокость, по показаниям применяются цельные фрагменты аллотрансплантатов [16, 18, 21].

В последние годы получило распространение новое направление – создание композиционных материалов [3, 5, 6, 16, 17]. Обычно композиционные материалы состоят из пластичной основы (матрицы) и наполнителя (включений различных материалов в виде частиц любой формы и величины – это так называемые полимерно-керамические компоненты). В таких материалах неорганическая фаза равномерно распределена в матрице органического вещества. При этом композит может приобретать определенные свойства.

Наиболее перспективными считаются биоактивные композиты, которые, в свою очередь, подразделяются на деградируемые и недеградируемые.

Деградируемые матрицы, созданные на основе коллагена, действуют как связующее звено для предотвра-

щения первичной миграции частиц наполнителя из места имплантации. Биоактивные материалы являются матрицей для образования костной ткани на их поверхности, то есть обладают остеогенными (остеокондуктивными и (или) остеиндуктивными) свойствами [6, 7].

Примерами биоактивных композиционных костно-пластических материалов могут служить «Коллапан» и «Костма», общим для которых является такой компонент, как коллаген животного происхождения. Использование коллагена в составе композита основано на оптимальном сочетании следующих свойств, которыми он обладает:

- биологическая активность, стимулирующая регенерацию поврежденной ткани;
- способность к полному рассасыванию в организме;
- способность к образованию устойчивых гелевых структур, что позволяет насыщать их различными наполнителями и лекарственными средствами;
- способность к формированию композитов из различных материалов, отличающихся по размерам и форме [12].

Оба обсуждаемых композита содержат антибактериальные препараты для профилактики хирургической инфекции, но в данной статье мы не касаемся обсуждения этих свойств композитных материалов.

Порошок гидроксиапатита, входящий в состав «Коллапана», относится к искусственным материалам. Синтезируют порошок гидроксиапатита по криохимической технологии,

условия осуществления которой отличаются от физиологических процессов организма человека. Теоретически это может затруднять рассасывание и увеличивать период перестройки костно-пластического материала.

Аллогенная кость относится к биологическим материалам с сохраненными костной структурой и соотношением органического и неорганического компонентов кости. Использование аллокости в измельченном виде (порошок, мука) позволяет увеличить площадь поверхности соприкосновения частиц с костным ложем и способствовать выходу биологически активных веществ и факторов роста. Теоретически использование костной алломуки как элемента композиционного материала может стимулировать остеогенез.

Следует тестировать теоретически заложенные в костно-пластическом материале свойства в эксперименте на животных, что мы и попытались сделать.

В результате проведенного нами исследования отмечено, что размеры гранул материала «Коллапан», имплантированного в тело позвонка, уменьшаются с течением времени, что является признаком биодеградации и, как следствие, биоактивности костно-пластического материала со способностью к остеointegrации. Однако в основе данного процесса, вероятно, лежит физико-химическое растворение гранул, поскольку маркеров резорбции, остеокластов, при морфологическом исследовании не обнаружено. На поверхности гранул «Коллапана» определяется тонкая

соединительно-тканная капсула, что является мерой биосовместимости материала. В отдельных участках эта капсула приобретает характер остеоидной ткани, что свидетельствует о наличии остеогенных свойств.

При использовании костно-пластического материала «Костма» для пластики дефекта тела позвонка отмечаются признаки остеокластической резорбции и остеобластического остеогенеза. Это подтверждает наличие остеогенной активности и способности к биодеградации (резорбции), теоретически заложенных при разработке данного материала. Следовательно, материал «Костма» является биоактивным и, как следствие, способен к остеointegrации. Вокруг фрагментов «Костмы» остеобласты формируют новообразованную костную ткань различной степени зрелости. Отсутствие соединительно-тканной капсулы свидетельствует о высокой степени биосовместимости материала.

Заключение

Проведенные исследования показали, что изученные композиционные костно-пластические материалы «Коллапан» и «Костма» являются биодеградируемыми и биоактивными материалами, обладают остеогенными свойствами и могут служить матрицей для костеобразования. Изученные костно-пластические материалы способствуют стимуляции репаративного остеогенеза, профилактике инфекции, формированию переднего спондилодеза в эксперименте.

Литература

1. Ардашев И.П., Григорук А.А., Плутников Г.А. и др. Возможные осложнения после взятия ауто-трансплантата из крыла подвздошной кости // Современные технологии в травматологии и ортопедии. М., 1999. С. 191–192.
2. Берченко Г.Н., Кесян Г.А., Уразильдеев Р.З. и др. Сравнительное экспериментально-морфологическое исследование влияния некоторых используемых в травматолого-ортопедической практике кальций-фосфатных материалов на активизацию репаративного остеогенеза // Бюллетень Восточно-сибирского научного центра Сибирского отделения РАМН. 2006. № 4 С. 327–332.
3. Берченко Г.Н. Биоактивные кальций-фосфатные материалы (КФМ) и стимуляция репаративного остеогенеза // Биоимплантология на пороге XXI в: тез. докл. симпозиума по проблеме тканевых банков с международным участием. М., 2001. С. 37–38.
4. Германов В.Г. Применение «Коллапана» при стабилизирующих операциях на шейном отделе позвоночника: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1999.
5. Кирилова И.А. Способ приготовления биоактивного костно-пластического материала «Костма»:

- Патент РФ на изобретения № 2211708 // Изобретения, полезные модели. 2003. № 6 (1 ч.). С. 52.
6. **Кирилова И.А., Подорожная В.Т.** Морфологическая картина остеогенеза в эксперименте при использовании костно-пластического материала «Костма» // Травматология и ортопедия XXI в.: Тез. докл. VIII съезда травматологов-ортопедов России. Самара, 2006. С. 1058.
 7. **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.
 8. **Корж Н.А., Кладченко Л.А., Малышкина С.В. и др.** Имплантационные материалы и остеогенез. Роль биологической фиксации и остеоинтеграции в реконструкции кости // Ортопед, травматол. и протезир. 2005. № 4. С. 118–127.
 9. **Кавалерский Г.Н., Германов В.Г.** Использование «Коллапана» для пластики пострезекционных дефектов при хирургическом лечении повреждений и заболеваний шейного отдела позвоночника. М., 2004.
 10. **Мусалатов Х.А., Проценко А.И., Германов В.Г. и др.** Задний межтеловой спондилодез с применением биокомпазиционного материала // Современные медицинские технологии и перспективы развития военной травматологии и ортопедии. СПб., 2000. С. 77.
 11. **Проценко А.И., Невзоров В.А., Сотников К.В. и др.** Хирургическое лечение гнойного спондилита // Современные технологии в травматологии, ортопедии: ошибки и осложнения – профилактика, лечение: Тез. докл. Междунар. конгресса. М., 2004. С. 138.
 12. **Проценко А.И., Германов В.Г., Бережной С.Ю. и др.** Возможности стимуляции остеогенеза после резекции тел позвонков // Современные медицинские технологии и перспективы развития военной травматологии и ортопедии. СПб., 2000. С. 77–78.
 13. **Фомичев Н.Г., Подорожная В.Т., Эттейян Ю.В. и др.** Новый способ стерилизации деминерализованного костного трансплантата // Вопросы травматологии и ортопедии: тез. докл. юбил. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию ИТО. Иркутск, 1996. С. 90–91.
 14. **Хилькин А.М., Шехтер А.Б., Истранов Л.П. и др.** Коллаген и его применение в медицине. М., 1976.
 15. **Швец А.И.** Хирургическое лечение повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Киев, 1990.
 16. **Grob D.** [Problems at the donor site in autologous bone transplantation] // Unfallchirurg. 1986. Vol. 89. P. 339–345.
 17. **Kuhn D.A., Moreland M.S.** Complications following iliac crest bone grafting // Clin Orthop. Relat. Res. 1986. N 209. P. 224–226.
 18. **Qu S.X., Guo X., Weng J., et al.** Evaluation of the expression of collagen type I in porous calcium phosphate ceramics implanted in an extra-osseous site // Biomaterials. 2004. Vol. 25. P. 659–667.
 19. **Schwartz C., Salloum B., Zehkini C., et al.** Utilisation de ceramiques biphases dans la chirurgie de reprise de protheses totales de hanche // Actualites en Biomateriaux. 2000. Vol. V. P. 269–276.
 20. **Schwartz C.** Bone substitutes in 2004 // ArgoSpine News. 2004. Vol. 9. P. 23–27.
 21. **Summers B.N., Eisenstein S.M.** Donor site pain from the ilium. A complication of lumbar spine fusion // J. Bone Joint Surg. Br. 1989. Vol. 71. P. 677–680.
 22. **Szpalski M., Gunzburg R.** Recombinant human bone morphogenetic protein-2: a novel osteoinductive alternative to autogenous bone graft? // Acta Orthop. Belg. 2005. Vol. 71. P. 133–148.
 23. **Trottel J.E.** Transmission of hepatitis C by implantation of a processed bone graft. A case report // J. Bone Joint Surg. Am. 2003. Vol. 85. P. 2215–2217.

Адрес для переписки:

Кирилова Ирина Анатольевна
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
НИИТО,
IKirilova@niito.ru

Статья поступила в редакцию 22.10.2007