

УДК 611.71:616.71-089.843
© Лузин В.И., Коротун В.А., 2012

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ В БОЛЬШЕБЕРЦОВУЮ КОСТЬ ГИДРОКСИЛАПАТИТА, НАСЫЩЕННОГО ЦИНКОМ Лузин В.И., Коротун В.А.

ГЗ «Луганский государственный медицинский университет»

Лузин В.И., Коротун В.А. Прочностные характеристики плечевой кости при имплантации в большеберцовую кость гидроксилатаптита, насыщенного цинком // Украинський морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, №2. – С. 68-70.

В эксперименте на 252 белых крысах самцах исходной массой 135-145 г установили, что имплантация в большеберцовую кость гидроксилатаптитного материала ОК-015 сопровождается снижением прочности плечевой кости. В ранние сроки (с 7 по 30 день) выявленные отклонения превосходят по амплитуде отклонения в группе с незаполненным дефектом, а в поздние становятся меньше их. Это обусловлено тем фактом, что в ранние сроки помимо процессов репаративной регенерации активно протекают процессы биологической резорбции имплантата, что увеличивает проявления «синдрома перелома». Насыщение материала ОК-015 цинком сглаживает негативное влияние условий эксперимента на прочность плечевой кости. Оптимальной концентрацией цинка в ОК-015, по нашим данным, является 1,00%.

Ключевые слова: костная система, костный дефект, гидроксилатаптит, цинк, прочность.

Лузин В.И., Коротун В.О. Міцнісні властивості плечової кістки при імплантації до великогомілкової кістки гідроксилатаптиту, насиченого цинком // Український морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, №2. – С. 68-70.

В експерименті на 252 білих щурах самців масою 135-145 г встановили, що імплантація до великогомілкової кістки гідроксилатаптитного матеріалу ОК-015 супроводжується зниженням міцності плечової кістки. У ранні терміни (з 7 по 30 добу) виявлені відхилення перевершують за амплітудою відхилення в групі з незаповненим дефектом, а в пізні стають менше їх. Це обумовлено тим фактом, що в ранні терміни крім процесів репаративної регенерації активно перебігають процеси біологічної резорбції імплантату, що збільшує прояви «синдрому перелому». Насичення матеріалу ОК-015 цинком згладжує негативний вплив умов експерименту на міцність плечової кістки. Оптимальною концентрацією цинку в ОК-015, за нашими даними, є 1,00%.

Ключові слова: кісткова система, кістковий дефект, гідроксилатаптит, цинк, міцність.

Luzin V.I., Korotun V.A. The strength characteristics of the humerus after implantation in the tibia of hydroxylapatite saturated with zinc // Український морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, №2. – С. 68-70.

In an experiment with 252 male albino rats weighing 135-145 g found that implantation in the tibia hydroxylapatite material ОК-015 is accompanied by a decrease of the humerus strength. In the early period (from 7 to 30 day) revealed deviations is greater than the amplitude of the variation in the group with an empty defect, and later becomes smaller. This is due to the fact that in the early stages in addition to the processes of reparative regeneration of active resorption biological processes take place the implant, which increases the manifestation of the "syndrome of fracture." Saturation of the material UC-015 Zinc smoothes the negative impact of experimental conditions on the strength of the humerus. Optimal concentration of zinc in the ОК-015, to our knowledge, is 1.00%.

Key words: bone system, bone defect, hydroxylapatite, zinc, strength.

Установлено, что повреждение одной из костей скелета сопровождается системной ответной реакцией организма – так называемым «синдромом перелома» [4, 15]. Он сопровождается изменением гуморальной регуляции кальций-фосфорного обмена, дисбалансом минерального и химического состава костей, нарушением их структуры и снижением их прочности; по мере увеличения срока, прошедшего после перелома изменения постепенно нивелируются, но сохраняются еще длительное время [4, 5, 12]. При этом доказано, что активность и продолжительность ответной реакции организма зависит от активности процессов репаративной регенерации [4, 6].

Для оптимизации процессов репаративной регенерации при пластике костных дефектов используют гидроксилатаптитные материалы, насыщенные солями различных металлов (марганца, селена, меди, железа и др.) [7, 11]. В этом случае возникает проблема правильного подбора концентрации металлов в имплантате, для того, чтобы найти «золотую середину» между оптимизацией процессов репаративной регенерации в области дефекта и активностью адаптационных процессов в скелете.

Цель данного исследования: изучить прочность плечевой кости крыс при нанесении сквозного дырчатого дефекта в большеберцовой кости и заполнении его биогенным гидроксилатаптитным материалом ОК-015, насыщенным цинком в концентрациях 0,20%, 0,50% и 1,00%. Работа является фрагментом межкафедральной НИР Луганского государ-

ственного медицинского университета «Особенности роста, строения и регенерации трубчатых костей при пластике костных дефектов материалами на основе гидроксилатаптита» (государственный регистрационный номер - 0103U006651).

Материал и методы исследования. Исследования были проведены на 252 белых крысах-самцах с исходной массой тела 135-145 г, распределенных на 6 групп: 1-ая группа – интактные животные, 2-ая группа – крысы, которым под эфирным наркозом стандартным стоматологическим бором наносили на границе между проксимальным метафизом и диафизом большеберцовых костей сквозной дырчатый дефект диаметром 2,2 мм. Поскольку передне-задний размер большеберцовой кости в этой области составляет не менее 3 мм, манипуляция не сопровождалась нарушением целостности костного органа и создавались условия для сохранения функциональной нагрузки на нижнюю конечность [8]. В 3-ей группе в нанесенный дефект имплантировали блоки биогенного гидроксилатаптита диаметром 2,2 мм, содержащего стеклофазу (материал ОК-015). В 4-6-ой группах дефект заполняли блоками ОК-015, насыщенного цинком в концентрациях соответственно 0,20%, 0,50% и 1,00%. Все манипуляции на животных выполняли в соответствии с правилами Европейской конвенции защиты позвоночных животных, использующихся в экспериментальных и других научных целях [14].

По истечении сроков эксперимента (7, 15, 30, 60, 90 и 180 дней) крыс забивали путем де-

капитации под эфирным наркозом. Биомеханические характеристики плечевой кости определяли при изгибе на универсальной нагрузочной машине Р-0.5 со скоростью нагружения 0,25 мм/мин до разрушения. Рассчитывали удельную стрелу прогиба, разрушающий момент, предел прочности, модуль упругости, работу разрушения [1, 13].

Все полученные цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием стандартных прикладных программ [4].

Результаты и их обсуждение. Все полученные результаты в обязательном порядке сравнивались с показателями одновозрастных интактных животных.

У интактных животных за период наблюдения прочность плечевой кости увеличивалась. В результате с 7 по 180 день наблюдения удельная стрела прогиба уменьшилась с $8,54 \pm 0,18$ до $3,91 \pm 0,15$. За тот же временной промежуток остальные показатели – разрушающий момент, предел прочности, модуль упругости и минимальная работа разрушения увеличились соответственно с $78,87 \pm 1,18$ до $163,48 \pm 3,49$, с $113,94 \pm 4,57$ ГПа до $158,86 \pm 5,13$ ГПа, с $4,37 \pm 0,37$ ГПа до $5,97 \pm 0,29$ ГПа и с $47,39 \pm 1,47$ мДж до $98,14 \pm 4,20$ мДж.

Такие изменения прочности плечевой кости при изгибающей деформации соответствуют описанной в литературе динамике механической прочности длинных трубчатых костей у интактных крыс репродуктивного возрастного периода.

Нанесение сквозного незаполненного дырчатого дефекта на границе проксимального метафиза и диафиза ББК сопровождалось снижением механической прочности плечевой кости.

В первую очередь это проявлялось в снижении минимальной работы разрушения плечевой кости, которая была меньше, чем у интактных животных во все установленные сроки эксперимента соответственно на 6,16%, 10,97%, 11,13%, 15,94%, 12,03% и 14,44%. При этом разрушающий момент был меньше аналогичных значений 1-й группы на 15, 30, 60, 90 и 180 день эксперимента соответственно на 7,91%, 17,40%, 10,41% и 13,92%. Значение предела прочности было достоверно меньше контрольного лишь на 30 день – на 17,91%.

Из этого следует, что прочность плечевой кости за счет качественных свойств минерального компонента нарушалась преимущественно в конструкционном плане.

Модуль упругости был больше аналогичных показателей у интактных животных на 7, 15, 60 и 90 день наблюдения соответственно на 18,50%, 23,82%, 36,20% и 16,16%. Значение удельной стрелы прогиба на 7 день было меньше показателей 1-й группы на 10,07%, что свидетельствует об увеличении жесткости плечевой кости. В дальнейшем этот показатель превосходил контрольный с 60 по 180 день эксперимента соответственно на 13,82%, 5,26% и 6,57%.

Из этого следует, что прочность плечевой кости за счет качественных свойств органического компонента нарушалась преимущественно за счет свойств кости как материала.

Заполнение нанесенного дефекта блоком из материала ОК-015 без примесей цинка (3-я группа) сопровождалось снижением прочности плечевой кости в сравнении с показателями 2-й группы. Пре-

дел прочности и разрушающий момент на 7 день были меньше аналогичных значений 2-й группы на 19,75% и 20,61%, а модуль упругости на 60 день – на 14,50%. При этом удельная стрела прогиба на 7 день была больше контрольной на 32,16%, а на 30 и 90 дни, наоборот, меньше на 20,20% и 10,45%.

Несмотря на это на 180 день разрушающий момент и минимальная работа разрушения плечевой кости превосходили показатели 2-й группы на 11,18% и 9,00%, что свидетельствует о большей степени восстановления ее прочности при пластике дефекта ОК-015 на фоне «синдрома перелома».

Насыщение имплантируемого ОК-015 цинком в концентрации 0,20% (4-я группа) сопровождалось изменением прочности ББК в сравнении с показателями 3-й группы (имплантация ОК-15 без насыщения цинком).

При этом удельная стрела прогиба была меньше значений 3-й группы на 7 день эксперимента на 12,19%, а на 30 и 90 день превышала их на 15,95% и 23,33%. Модуль упругости был меньше значений 3-й группы с 15 по 90 день на 21,71%, 20,36%, 19,81% и 14,22%, из чего следует, что качественные характеристики органического компонента плечевой кости в условиях 4-й группы не изменялись.

Разрушающий момент был больше, чем в 3-й группе на 7 и 30 день эксперимента на 22,09% и 11,81%, а предел прочности – на 7 день на 25,08%. При этом минимальная работа разрушения кости была больше контрольных показателей на протяжении всего эксперимента, но достоверным отличие было лишь на 7 день (25,74%).

Таким образом, прочность плечевой кости в условиях 4-й группы эксперимента несколько оптимизировалась по сравнению с 3-й группой преимущественно за счет показателей, характеризующих состояние минерального компонента.

Насыщение имплантируемого ОК-015 цинком в концентрации 0,50% (5-я группа) сопровождалось изменениями прочности ББК сходными с таковыми в 4-й группе, но более выраженными.

Удельная стрела прогиба была меньше показателей 3-й группы на 7 день на 21,07%, а на 30 и 90 день превышала их на 23,85% и 22,79%. При этом модуль упругости был меньше аналогичных показателей 3-й группы с 15 по 90 день эксперимента соответственно на 22,69%, 18,58%, 16,39% и 12,12%, что свидетельствует об отсутствии качественных изменений со стороны органического компонента.

Разрушающий момент был больше показателей 3-й группы на 7 день на 21,64%. Наконец, минимальная работа разрушения плечевой кости превосходила аналогичные показатели 3-й группы на протяжении всего периода наблюдения соответственно на 22,37%, 5,60%, 17,53%, 11,69%, 19,14% и 7,31%.

Это свидетельствует о том, что прочность плечевой кости в условиях 5-й группы нашего эксперимента оптимизировалась в сравнении с 3-й группой так же, как и в 4-й группе, преимущественно за счет показателей, характеризующих состояние минерального компонента.

Наконец, насыщение имплантируемого ОК-015 цинком в концентрации 1,00% (6-я группа) сопровождалось наиболее выраженной оптимизацией прочности плечевой кости в условиях нашего эксперимента (в сравнении с 3-й группой).

Значений удельной стрелы прогиба было больше аналогичных показателей 3-й группы на 30 и 90 день эксперимента на 18,88% и 19,78%. Вместе с тем фактом, что модуль упругости был меньше показателей 3-й группы с 15 по 90 день эксперимента (на 23,51%, 17,89%, 14,53% и 10,80%), это свидетельствует о возрастании пластичности плечевой кости. На 180 день эксперимента модуль упругости уже превышал показатели 3-й группы на 14,65%.

Разрушающий момент превышал значения 3-й группы в период с 7 по 60 день эксперимента соответственно на 21,90%, 7,11%, 12,85% и 8,55%, а предел прочности на 7 день – на 20,20%. При этом минимальная работа разрушения превышала аналогичные показатели 3-й группы на протяжении всего периода наблюдения соответственно на 30,14%, 8,41%, 26,23%, 12,30%, 22,23% и 9,34%.

Это свидетельствует о том, что прочность плечевой кости в условиях 6-й группы нашего эксперимента оптимизировалась в сравнении с 3-й группой так же, как и в 4-5-й группах, преимущественно за счет показателей, характеризующих состояние минерального компонента. При этом явления оптимизации были выражены в большей степени, чем в группах с меньшей концентрацией цинка в имплантате.

Полученные нами результаты, вероятно, можно объяснить следующим образом: в результате биологической резорбции имплантата высвобождаются ионы цинка, которые поступают в кровь и разносятся по всему организму. Известно, что при повышенном уровне цинка повышается активность щелочной фосфатазы [9], которая разрушает ингибиторы кальцификации в участках, окруженных остеобластами. В результате щелочную фосфатазу считают местным фактором минерализации костной ткани [2]. Помимо этого щелочная фосфатаза, в состав которой входят четыре атома цинка, катализирует гидролиз моноэфиров фосфорной кислоты [9]. В результате высвободившиеся фосфат-ионы связываются с ионами кальция либо с NH_2 -группами оксализина, входящего в состав коллагена [10]. В итоге создаются благоприятные условия для оптимизации как синтеза органического матрикса, так и его обызвествления, что и проявляется оптимизацией прочности плечевой кости.

Заключение. Таким образом, имплантация в большеберцовую кость гидроксилалатитного материала ОК-015 сопровождается снижением прочности плечевой кости. В ранние сроки (с 7 по 30 день) выявленные отклонения превосходят по амплитуде отклонения в группе с незаполненным дефектом, а в поздние становятся меньше их. Это обусловлено тем фактом, что в ранние сроки помимо процессов репаративной регенерации активно протекают процессы биологической резорбции имплантата, что увеличивает проявления «синдрома перелома». Насыщение материала ОК-015 цинком сглаживает негативное влияние условий эксперимента на прочность плечевой кости. Оптимальной концентрацией цинка в ОК-015, по нашим данным, является 1,00%.

Перспективы дальнейших исследований. С целью подтверждения выявленных закономерностей будет проведено макроэлементного состава костей скелета.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ковешников В.Г. Биомеханические методы исследования в функциональной морфологии трубчатых костей / В.Г. Ковешников, В.И. Лузин // Украинський морфологічний альманах. – 2003. – Т.1, №2. – С. 46-50.
2. Корж А.А. Репаративная регенерация кости / А.А. Корж, А.М. Белоус, Е.Я. Панков. – Москва: Медицина, 1972. – 232 с.
3. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. – Киев: Морион, 2000. – 320 с.
4. Лузин В.И. Минеральная насыщенность различных отделов скелета при имплантации в большеберцовую кость „Остеопатита керамического – 015” / В.И. Лузин, И.Г. Новоскольцева, В.В. Стрий, [и др.] // Украинський морфологічний альманах. – 2007. – Т. 5, № 2. – С. 114-115.
5. Лузин В.И. Рост и формирование костей скелета белых крыс при нанесении дырчатого дефекта большеберцовых костей на различных этапах постнатального онтогенеза / В.И. Лузин, В.Н. Прочан // Украинський морфологічний альманах. – 2008. – Том 6, №4. – С. 69-74.
6. Лузин В.И. Прочностные характеристики плечевой кости белых крыс различного возраста при нанесении дырчатого дефекта большеберцовых костей / В.И. Лузин, В.Н. Прочан // Украинський медичний альманах. – 2009. – Том 12, №1. – С. 102-106.
7. Лузин В.И. Прочность плечевой кости при имплантации в большеберцовую кость гидроксилалатитного материала ОК-015, легированного медью / В.И. Лузин, В.В. Стрий // Украинський медичний альманах. – 2009. – Том 12, №5. – С. 114-117.
8. Методика моделирования костного дефекта у лабораторных животных / В.И. Лузин, Д.В. Ивченко, А.А. Панкратьев, и др. // Украинський медичний альманах. – 2005. – Том 8, №2 (додаток). – С. 162.
9. Морфофункциональная организация, реактивность и регенерация костной ткани / [В.Г. Гололобов, А.К. Дулаев, Р.В. Деев, Е.Н. Цыган]. – СПб.: Военно-медицинская академия, 2006. – 47 с.
10. Музафаров А.И. Данные клинико-рентгенологического исследования легких у рабочих цинкового производства / А.И. Музафаров // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – Алма-Ата. – 2002. – Том XXIX. – Ч. 2. – С. 62-65.
11. Скоблин А.П. Микроэлементы в костной ткани / А.П. Скоблин, А.М. Белоус. – М.: Медицина, 1968. – 232 с.
12. Франке Ю. Остеопороз / Ю. Франке, Г. Рунге. – М.: Медицина, 1995. – 304 с.
13. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved / T.D. Crenshaw, E.R. Peo, A.J. Lewis and B.D. Moser // Journal of animal science. - 1981. - Vol. 53, No. 3. – P. 827-835.
14. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe 18.03.1986. - Strasbourg, 1986. - 52 p.
15. Lowe N.M. Is there a potential therapeutic value of copper and zinc for osteoporosis? / N.M. Lowe, W.D. Fraser, M.J. Jackson // Proc.Nutr.Soc. - 2002. - Vol. 61. – P.181-185.

Надійшла 24.01.2012 р.
Рецензент: проф. В.Г.Ковешніков