

УДК: 611.716.4:616.718.5-089.843-092.9:661.842.455

В. И. Лузин, В. И. Морозов

Государственное заведение «Луганский государственный медицинский университет», г. Луганск

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ БИОМИНЕРАЛОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ПОЛОВОЗРЕЛЫХ КРЫС ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ В БОЛЬШЕБЕРЦОВУЮ КОСТЬ БИОГЕННОГО ГИДРОКСИЛАПАТИТА, НАСЫЩЕННОГО ЖЕЛЕЗОМ В РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ

В данной статье изучены ультраструктурные особенности биоминералов нижней челюсти половозрелых крыс при нанесении дефекта большеберцовой кости и имплантации биогенного гидроксилатапата в чистом виде и насыщении различными концентрациями железа. Установлено, что имплантация данных материалов способствует восстановлению параметров роста и формирования кристаллов гидроксилатапата биоминералов нижней челюсти, уменьшению его степени аморфности и увеличению упорядоченности строения кристаллической решетки в поздние сроки наблюдения. Выявлена оптимальная концентрация железа в составе имплантата (0,15%).

Ключевые слова: крысы, дефект кости, гидроксилатапатит, железо, биоминералы нижней челюсти, ультраструктура.

Работа является фрагментом межкафедральной научно-исследовательской работы «Особенности роста, строения и регенерации трубчатых костей при пластике костных дефектов материалами на основе гидроксилатапата» (государственный регистрационный номер – 0103U006651).

В настоящее время травмы составляют 12% от общего числа заболеваний, от которых ежегодно в мире погибает около 5 миллионов человек, что почти 9% от общего числа неблагоприятных исходов [3, 15]. По данным литературы, травматическое повреждение кости сопровождается не только нарушением ее целостности, но и развитием системной неблагоприятной реакции всего скелета, называемой «синдромом перелома» [5, 11, 14]. Для сглаживания проявления этого синдрома и оптимизации репаративной регенерации в зоне перелома широко используются материалы на основе гидроксилатапата, как в чистом виде, так и в сочетании с микроэлементами (цинк, медь, марганец, селен и др.) [1, 3, 12]. Очень перспективным является применение микроэлемента железа, который может придать имплантируемому материалу остеоиндуктивные свойства, за счет стимуляции пролиферации и дифференцировки остеобластов, усиления синтеза и секреции этими клетками коллагеновых и неколлагеновых белков и оптимизации процессов их минерализации [13, 15]. Известно, что наиболее ранние изменения в органе при действии разнообразных факторов возникают на ультраструктурном уровне организации живой материи. На данный момент, подробно изучены особенности ультраструктуры биоминералов трубчатых, плоских и смешанных костей в условиях системного остеопенического синдрома и его коррекции [7, 8]. В то же время, ультраструктурные особенности нижней челюсти, включающей биоминералы дентина и костной ткани в аналогичных условиях не исследованы.

Целью работы было выявить особенности ультраструктуры биоминералов дентина резца и костной ткани ветви нижней челюсти половозрелых крыс при нанесении дефекта большеберцовой кости и имплантации биогенного гидроксилатапата в чистом виде и в комбинации с различными концентрациями железа.

Материал и методы исследования. Подопытные животные были распределены на 6 групп по 42 крысы в каждой: 1-ю группу составили интактные животные, 2-ю группу – крысы, которым под эфирным масочным наркозом стандартным стоматологическим бором на границе проксимального метафиза и диафиза большеберцовой кости наносили сквозной дефект. В 3-ей группе в область нанесенного дефекта имплантировали блоки биогенного гидроксилатапата (материал ОК-015) без добавок определенной массы. В 4-6-ой группах дефект большеберцовой кости заполняли блоками ОК-015, насыщенного железом в концентрациях соответственно 0,05%, 0,15% и 0,50%. Исследование выполняли соответственно принципам Хельсинской декларации, принятой Генеральной ассамблеей Всемирной медицинской ассоциации (2000). Во время работы с животными руководствовались положением брифинга Европейского научного сообщества «Виктористанья тварин в дослідженнях» (2000). Сроки наблюдения составили 7, 15, 30, 60, 90 и 180 суток. По истечении сроков эксперимента животные подвергались эвтаназии под эфирным масочным наркозом в соответствии с «Международными рекомендациями по поводу медико-биологических исследований с использованием лабораторных животных» [6]. Выделяли нижнюю челюсть, извлекали резец из зубной альвеолы, стачивали бормашиной цемент и эмаль с его поверхности, отделяли ветвь от тела органа и по общепринятой методике [2] получали золу данных образцов. Ультраструктуру неорганического матрикса костной ткани ветви нижней челюсти и дентина резца изучали методом рентгеноструктурного анализа [9, 10]. Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью статистического пакета программ «STATISTICA 5.11» (определяли средние значения параметров, стандартную ошибку). Достоверность статистически значимых различий между показателями экспериментальных и контрольных групп определяли с помощью критерия Стьюдента ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. У интактных половозрелых крыс в минеральном компоненте ветви нижней челюсти размеры элементарных ячеек вдоль оси a увеличивались в ходе наблюдения с $9,38 \pm 0,01 \cdot 10^{-10}$ до $9,39 \pm 0,01 \cdot 10^{-10}$, вдоль оси c – с $6,84 \pm 0,01 \cdot 10^{-10}$ до $6,85 \pm 0,01 \cdot 10^{-10}$, а соотношение c/a находилось в пределах $72,93 \pm 0,06 \cdot 10^2$ – $73,09 \pm 0,06 \cdot 10^2$. Размеры блоков когерентного рассеивания (кристаллитов) возрастали с $41,12 \pm 0,62$ Нм до $43,61 \pm 0,68$ нМ, коэффициент микротекстурирования – с

0,39±0,01 у.е. до 0,42±0,01 у.е. В неорганическом компоненте дентина резца размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* также увеличивались с 7 по 180 сутки с 9,36±0,01 10⁻¹⁰ до 9,37±0,01 10⁻¹⁰, вдоль оси *c* – с 6,81±0,01 10⁻¹⁰ до 6,82±0,01 10⁻¹⁰, их соотношение – с 72,80±0,06 10² до 72,85±0,04 10². Размеры кристаллитов повышались с 28,12±0,47 нМ до 31,21±0,42 нМ, а коэффициент микротекстурирования – с 0,55±0,01 у.е. до 0,57±0,01 у.е.

При нанесении дефекта в большеберцовой кости размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* в минеральном компоненте ветви органа увеличивались с 7 по 90 сутки с достоверным отличием на 7, 15, 30 сутки (0,14%, 0,27%, 0,18%, *p*<0,05), вдоль оси *c* – с 7 по 90 сутки на 0,18%, 0,33%, 0,34%, 0,36%, 0,25% (все *p*<0,05), а соотношение *c/a* – к 90 суткам на 0,18%. Размеры блоков когерентного рассеивания возрастали с 7 по 90 сутки на 6,59%, 12,64%, 14,37%, 19,17% и 9,42%, а коэффициент микротекстурирования, напротив, уменьшался с 7 по 60 сутки на 8,79%, 11,21%, 11,30%, 10,10% (*p*<0,05 во всех случаях). В минеральном компоненте дентина резца размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* увеличивались с 7 по 90 сутки на 0,03%, 0,02%, 0,04%, 0,13%, 0,07% (*p*>0,05), вдоль оси *c* – с 15 по 90 сутки эксперимента с достоверным отличием на 60, 90 сутки (0,20%, 0,13%, *p*<0,05), а их соотношение имело слабовыраженную тенденцию к возрастанию во все сроки наблюдения. Размеры кристаллитов повышались с 30 по 90 сутки на 6,99%, 6,86%, 5,18%, коэффициент микротекстурирования, при этом, снижался с 60 по 90 сутки на 1,41%, 2,04% (*p*>0,05).

При имплантации в дефект большеберцовой кости биогенного гидроксилатапатита без добавок размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* в минеральном компоненте ветви нижней челюсти увеличивались, по сравнению с аналогичными параметрами 1-й группы с 7 по 30 сутки на 0,17%, 0,33%, 0,27%, вдоль оси *c* – с 7 по 60 сутки на 0,25%, 0,44%, 0,27%, 0,19% (все *p*<0,05), их соотношение – с 7 по 90 сутки без статистически значимых отличий от показателей интактных животных. Размеры блоков когерентного рассеивания возрастали с 7 по 60 сутки эксперимента на 7,73%, 14,38%, 17,45%, 11,11%, а коэффициент микротекстурирования снижался в эти же сроки на 12,70%, 13,91%, 13,90%, 5,25% (*p*<0,05 во всех случаях).

При сравнении полученных данных с параметрами 2-й группы выявлено, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* имели слабовыраженную тенденцию к уменьшению с 60 по 180 сутки наблюдения, вдоль оси *c* также снижались с 60 по 90 сутки на 0,17%, 0,16% (*p*<0,05). Соотношение *c/a* имело тенденцию к снижению с 60 по 90 сутки (0,08%, 0,11%, *p*>0,05). Размеры кристаллитов были меньше с 60 по 90 сутки на 6,76%, 5,75% (*p*<0,05), а коэффициент микротекстурирования – выше с 60 по 180 сутки на 5,40% (*p*<0,05), 1,83%, 1,94% (*p*>0,05).

Размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* биоминерала дентина резца возрастали, по сравнению с параметрами интактных крыс, с 7 по 90 сутки соответственно на 0,08%, 0,03% (*p*>0,05), 0,13%, 0,17% (*p*<0,05), 0,06% (*p*>0,05) и 0,03%, 0,08% (*p*>0,05), 0,24%, 0,30% (*p*<0,05), 0,06% (*p*>0,05), их соотношение статистически значимо не изменялось. Размеры кристаллитов увеличивались с 30 по 90 сутки на 10,78%, 10,40% (*p*<0,05) и 2,56% (*p*>0,05), а коэффициент микротекстурирования уменьшался на 7, 30, 60, 90 сутки на 0,16% (*p*<0,05), 10,78%, 10,40% (*p*<0,05), 2,56% (*p*>0,05). Сравнение полученных результатов с показателями 2-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* имели слабовыраженную тенденцию к снижению с 90 по 180 сутки наблюдения, а размеры кристаллитов в эти же сроки на 2,50%, 2,23% (*p*>0,05). Что касается коэффициента микротекстурирования, то наблюдалось его увеличение к 180 суткам на 0,87%.

При имплантации в большеберцовую кость биогенного гидроксилатапатита, насыщенного железом в концентрации 0,05%, размеры элементарных ячеек биоминерала ветви нижней челюсти вдоль оси *a* и *c* возрастали с 7 по 30 сутки на 0,18%, 0,35%, 0,25% и 0,27%, 0,48%, 0,21% (*p*<0,05) с дальнейшей тенденцией к уменьшению к 180 суткам, *c/a* соотношение приближалась к значениям интактных крыс к 90 и 180 суткам наблюдения. Размеры кристаллитов также увеличивались с 7 по 30 сутки на 8,05%, 15,31%, 16,77% (*p*<0,05) и к 180 суткам были меньше значений 1-й группы на 1,49%. Коэффициент микротекстурирования уменьшался с 7 по 30 сутки на 13,43%, 15,80%, 12,30% и возрастал к 180 суткам на 3,16% (все *p*<0,05). При сравнении полученных результатов с параметрами 2-й группы установлено, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* снижались с 60 по 180 сутки на 0,14% (*p*<0,05), 0,10%, 0,05% и 0,22%, 0,25% (*p*<0,05), 0,04% соответственно. Соотношение *c/a* имело слабовыраженную тенденцию к уменьшению в эти же сроки эксперимента. Размеры кристаллитов уменьшались с 60 по 90 сутки на 7,81%, 7,18% (*p*<0,05), а коэффициент микротекстурирования, напротив, повышался с 60 по 180 сутки с достоверным отличием на 60 сутки (7,62%). Сравнение с показателями 3-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* в минеральном компоненте ветви органа и размеры кристаллитов снижались с 30 по 180 сутки наблюдения, но статистически значимо не отличались от параметров группы сравнения. При этом, коэффициент микротекстурирования возрастал с 60 по 180 сутки с достоверным отличием на 60 сутки (2,11%).

Исследование ультраструктуры биоминерала дентина резца показало, что размеры элементарных вдоль оси *a* увеличивались, по сравнению с параметрами 1-й группы, с 30 по 90 сутки на 0,16%, 0,15%, вдоль оси *c* – с 30 по 90 сутки на 0,27%, 0,25%, 0,11% (все *p*<0,05) с тенденцией к уменьшению к 180 суткам наблюдения. Размеры кристаллитов также возрастали с 60 по 90 сутки на 11,65%, 9,34% (*p*<0,05), а коэффициент микротекстурирования снижался во все сроки эксперимента с достоверным отличием на 60 сутки (10,52%, *p*<0,05). Сравнение полученных результатов с параметрами 2-й группы выявило, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* уменьшались с 90 по 180 сутки наблюдения (0,09%, 0,01% и 0,05%, 0,10%, *p*>0,05), а *c/a* соотношение – только к 180 суткам на 0,03%. Размеры кристаллитов снижались с 90 по 180 сутки с достоверным отличием на 90 сутки (4,86%, *p*<0,05), а коэффициент микротекстурирования понижался с 7 по 60 сутки и возрастал с 90 по 180 сутки на 0,18%, 1,70% (*p*>0,05). Сравнение с показателями 3-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль

оси *a* и *c* и размеры блоков когерентного рассеивания имели тенденцию к уменьшению с 60 по 180 сутки наблюдения, но статистически значимо от параметров группы сравнения не отличались. При этом, коэффициент микротекстурирования возрастал с 60 по 180 сутки на 1,23%, 0,24% и 0,83% (все $p > 0,05$).

При имплантации в большеберцовую кость биогенного гидроксилатапата, насыщенного железом в концентрации 0,15%, размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* в минеральном компоненте ветви нижней челюсти увеличивались с 7 по 30 сутки наблюдения на 0,21%, 0,38%, 0,18% и 0,33%, 0,50%, 0,34% соответственно (все $p < 0,05$) с тенденцией к уменьшению с 90 по 180 сутки эксперимента. Соотношение *c/a* статистически не значимо снижалось с 90 по 180 сутки, размеры кристаллитов возрастали с 7 по 30 сутки на 8,11%, 16,90%, 14,11% ($p < 0,05$) и понижались к 180 суткам на 1,70% ($p > 0,05$). Коэффициент микротекстурирования уменьшался с 7 по 30 сутки на 14,73%, 17,49%, 6,68% ($p < 0,05$) и возрастал к 180 суткам на 3,52% ($p > 0,05$). Сравнение полученных результатов с параметрами 2-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* снижались с 60 по 180 сутки с достоверным отличием на 60 сутки (0,16%, $p < 0,05$), вдоль оси *c* – с 60 по 90 сутки (0,29%, 0,30%, $p < 0,05$), их соотношение – в эти же сроки на 0,13%, 0,21% ($p < 0,05$). Размеры кристаллитов уменьшались с 60 по 180 сутки на 10,95%, 8,52% ($p < 0,05$), 1,98%, коэффициент микротекстурирования, напротив, увеличивался в данные сроки на 11,63%, 4,50% ($p < 0,05$), 4,18%. Сравнение с показателями 3-й группы выявило, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* понижались с 30 по 180 сутки наблюдения, но статистически не значимо, вдоль оси *c* – в эти же сроки с достоверным отличием на 90 сутки (0,14%, $p < 0,05$), *c/a* соотношение имело слабовыраженную тенденцию к уменьшению с 30 по 180 сутки эксперимента. Размеры кристаллитов снижались с 30 по 180 сутки с достоверным отличием на 60 сутки (4,50%, $p < 0,05$), а коэффициент микротекстурирования возрастал в эти же сроки, но статистически значимо отличался от группы сравнения только на 30, 60 сутки (8,39%, 5,92%, $p < 0,05$).

В минеральном компоненте дентина резца размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* были выше параметров 1-й группы во все сроки наблюдения с достоверным отличием соответственно на 30 сутки (0,12%, $p < 0,05$) и 60, 90 сутки (0,19%, 0,12%, $p < 0,05$). *C/a* соотношение статистически значимо от группы сравнения в ходе наблюдения не изменялось. Размеры кристаллитов возрастали с 7 по 180 сутки с достоверным отличием на 30, 60 сутки на 10,89%, 8,00% ($p < 0,05$), а коэффициент микротекстурирования снижался во все сроки эксперимента на 1,97%, 0,52%, 1,44%, 5,18% ($p < 0,05$), 0,72%, 2,81%. При сравнении полученных результатов с параметрами 2-й группы выявлено, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* имели слабовыраженную тенденцию к уменьшению с 30 по 90 сутки наблюдения, соотношение *c/a* статистически значимо не изменялось во все сроки наблюдения. Размеры кристаллитов понижались с 90 по 180 сутки эксперимента на 2,63%, 2,82%, а коэффициент микротекстурирования, напротив, возрастал к 90 суткам на 1,24% (все $p > 0,05$). Сравнение с аналогичными показателями 3-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c*, как и во 2-й группе, уменьшались с 30 по 90 сутки наблюдения, однако амплитуда их изменений была выше (0,01%, 0,07%, 0,02% и 0,15%, 0,11%, 0,01% соответственно, $p > 0,05$). Размеры кристаллитов снижались с 60 по 180 сутки на 2,17%, 1,16%, 0,16%, а коэффициент микротекстурирования увеличивался с 60 по 90 сутки с достоверным отличием от группы сравнения на 60 сутки (7,26%, $p < 0,05$).

При имплантации биогенного гидроксилатапата, насыщенного железом в концентрации 0,50% размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* в минеральном компоненте ветви нижней челюсти возрастали, по сравнению с параметрами интактных крыс, с 7 по 30 сутки наблюдения соответственно на 0,21%, 0,33%, 0,13% и 0,30%, 0,43%, 0,28% ($p < 0,05$), их соотношение имело тенденцию к увеличению во все сроки эксперимента. Размеры кристаллитов были выше показателей группы сравнения с 7 по 90 сутки на 7,36%, 16,51%, 17,11%, 16,92%, 8,07% ($p < 0,05$), а коэффициент микротекстурирования уменьшался с все сроки наблюдения на 12,25%, 15,58%, 7,41%, 15,24%, 7,41%, 7,05% ($p < 0,05$). Сравнение полученных параметров с показателями 2-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* и *c* снижались с 30 по 90 сутки с достоверным отличием на 60, 90 сутки на 0,29%, 0,11% и 0,36%, 0,30% соответственно ($p < 0,05$), а *c/a* соотношение – на 90 сутки на 0,18%. Размеры кристаллитов уменьшались с 60 по 90 сутки на 1,89%, 1,23% ($p > 0,05$) и возрастали к 180 суткам на 2,19% ($p > 0,05$). Коэффициент микротекстурирования увеличивался к 60 суткам на 2,99% и снижался к 90 и 180 суткам на 4,64%, 4,74% ($p < 0,05$). При сравнении с параметрами 3-й группы установлено, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* снижались к 30 суткам наблюдения на 0,14%, вдоль оси *c* – с 60 по 90 сутки на 0,18%, 0,14% ($p < 0,05$). Соотношение *c/a* имело слабовыраженную тенденцию к уменьшению с 30 по 180 сутки наблюдения. Размеры кристаллитов понижались на 7 и 30 сутки на 0,35%, 0,30% ($p > 0,05$) и повышались с 60 по 180 сутки с достоверным отличием на 60, 90 сутки (5,22%, 4,80%, $p < 0,05$). Коэффициент микротекстурирования снижался с 60 по 180 сутки, но статистически значимо на 90, 180 сутки (6,36%, 6,55%, $p < 0,05$).

В минеральном компоненте дентина резца размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* были больше параметров 1-й группы с 7 по 180 сутки наблюдения с достоверным отличием на 7 сутки на 0,13% ($p < 0,05$), вдоль оси *c* – в эти же сроки на 0,11%, 0,15% ($p < 0,05$), 0,10%, 0,09%, 0,08% и 0,05%. Соотношение *c/a* статистически значимо в ходе эксперимента не изменялось. Размеры кристаллитов возрастали с 30 по 180 сутки на 13,74%, 11,39%, 8,26% ($p < 0,05$), а коэффициент микротекстурирования уменьшался во все сроки наблюдения с достоверным отличием на 60, 90, 180 сутки (9,18%, 11,14%, 9,40%, $p < 0,05$). Сравнение полученных результатов с показателями 2-й группы показало, что размеры элементарных ячеек вдоль оси *a* снижались с 60 по 180 сутки на 0,02%, 0,05%, 0,05% ($p > 0,05$), вдоль оси *c* – с 30 по 180 сутки на 0,14%, 0,20% ($p < 0,05$), 0,04%, 0,03%, а *c/a* соотношение имело слабовыраженную тенденцию к увеличению к 90-180 суткам

експеримента. Размеры кристаллитов достоверно возростали с 30 по 90 сутки на 6,80%, 6,44%, 5,90% ($p < 0,05$), коэффициент микротекстурирования, при этом, уменьшался с 30 по 180 сутки на 3,09%, 7,99%, 9,29%, 7,60% ($p < 0,05$). При сравнении с параметрами 3-й группы установлено, что размеры элементарных ячеек вдоль оси a понижались с 30 по 180 сутки на 0,05%, 0,07%, 0,03%, 0,03% ($p > 0,05$), вдоль оси c – в эти же сроки на 0,14%, 0,20% ($p > 0,05$), 0,04%, 0,03%, а c/a соотношение – с 30 по 90 сутки, но статистически не значимо. Размеры кристаллитов достоверно возростали с 90 по 180 сутки на 8,61%, 6,31% ($p < 0,05$), коэффициент микротекстурирования, напротив, снижался в эти сроки на 9,24%, 8,39% ($p < 0,05$).

Выводы

1. У интактных половозрелых крыс имел место активный рост и формирование кристаллов биоминерала дентина резца и ветви нижней челюсти, а также увеличение степени упорядоченности его кристаллической решетки.
2. При нанесении дефекта большеберцовой кости наблюдалось нарушение ультраструктуры неорганического матрикса как дентина резца, так и ветви органа, которое проявлялось в увеличении его уровня аморфности и уменьшении степени упорядоченности кристаллической решетки.
3. Имплантация в большеберцовую кость биогенного гидроксилатапата без добавок сопровождалась более выраженным по амплитуде изменением ультраструктуры биоминералов нижней челюсти с 7 по 30 сутки наблюдения, которые в поздние сроки сглаживались быстрее, чем во 2-й экспериментальной группе.
4. При имплантации материала ОК-015, насыщенного железом наблюдалась коррекция ультраструктурных изменений в дентине резца и ветви нижней челюсти, что проявлялось в уменьшении их степени аморфности и увеличении упорядоченности кристаллической решетки и находилось в прямой зависимости от концентрации железа в составе имплантата. В 4-й группе данная тенденция только намечалась с 60 по 180 сутки наблюдения, в 5-й – выраженность и продолжительность коррегирующего влияния имплантации была выше, чем в предыдущей (с 30 по 180 сутки эксперимента). Это может быть обусловлено дозозависимым влиянием железа на процессы роста и формирования кристаллов гидроксилатапата. В 6-й группе сглаживающее влияние было выражено больше к 30 суткам наблюдения, после чего уменьшалось в поздние сроки эксперимента, по-видимому, в связи с развитием гипермикроеLEMENTОЗА железа (вероятно, в данном случае микроеLEMENT включается в кристаллы гидроксилатапата и тормозит их рост и формирование).

Перспективы дальнейших исследований. Планируется провести однофакторный дисперсионный анализ влияния условий эксперимента на ультраструктуру биоминералов нижней челюсти половозрелых крыс.

Литература

1. Баринов С. М. Керамические и композиционные материалы на основе фосфата кальция для медицины / С. М. Баринов // Успехи химии. – 2010. – Т. 29, № 1. – С. 15–32.
2. Брицке Э. М. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / Брицке Э. М. – М.: «Химия», 1982. – 244 с.
3. Використання пористих наноконструктивних матеріалів для заміщення кісткових дефектів / В. З. Сікора, Л. Ф. Суходуб, С. М. Данильченко [та ін.] // Український морфологічний альманах. – 2008. – Т. 6, № 1. – С. 155–156.
4. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / Заборин Н. В., Первушин А. С., Пшеницына Н. Г. [и др.]. – М.: «Весь Мир», 2004. – 280 с.
5. Климовицкий В. Г. Травматическая болезнь с позиций современных представлений о системном ответе на травму / В. Г. Климовицкий, О. Г. Калинин // Травма. – 2003. – Т. 4, № 2. – С. 123–130.
6. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте / Западнюк И. П., Западнюк В. И., Захария Е. А. [и др.] – К.: «Вища школа», 1983. – 383 с.
7. Лубенец А. А. Влияние имплантации в большеберцовую кость гидроксилатапата, насыщенного марганцем, на ультраструктуру биоминерала тазовых костей / А. А. Лубенец // Український медичний альманах. – 2011. – Т. 14, № 3. – С. 102–105.
8. Лузин В. И. Ультраструктура минерала плечевой кости у белых крыс различного возраста при нанесении дырчатого дефекта большеберцовой кости / В. И. Лузин, В. Н. Прочан // Український морфологічний альманах. – 2010. – Т. 8, № 1. – С. 54–58.
9. Миркин Л. И. Рентгеноструктурный анализ. Индицирование рентгенограмм / Миркин Л. И. – М.: «Наука», 1981. – 496 с.
10. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов / Михеев В. И. – М.: «Госгеолтехиздат», 1957. – 868 с.
11. Никонов В. В. Системный ответ организма на тяжелую травму – взгляд на проблему / В. В. Никонов, А. Э. Феськов, А. Н. Нудьга // Травма. – 2003. – Т. 4, № 3. – С. 332–336.
12. Петросянец С. В. Минеральная насыщенность большеберцовой кости при имплантации в нее биогенного гидроксилатапата, насыщенного медью в различных концентрациях / С. В. Петросянец, В. И. Лузин // Мат. наукового конгресу «IV Міжнародні Пироговські читання», 2–5 червня 2010 р. – Вінниця. – С. 90–91.
13. Anderson G. G. Iron Physiology and Pathophysiology in Humans / Anderson G.G., McLaren G.D. – New York: «Humana Press», 2012. – 562 p.
14. Eid K. Systemic effects of severe trauma on the function and apoptosis of human skeletal cells / K. Eid, L. Labler, W. Ertel // J. Bone Jt. Surg. – 2006. – V. 88, № 10. – P. 1394–1400.
15. Lactoferrin – a novel bone growth factor / D. Naot, A. Grey, I. R. Reid [et al.] // Clinical Medicine & Research– 2005. – V. 3, № 2. – P. 93–101.
16. Sethi D. Предупреждение травматизма в Европе: от международного сотрудничества до реализации на местах / D. Sethi, F. Racioppi, F. Mitis – Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2010. – 88 с.

Реферати

**ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАСТРУКТУРИ БІОМІНЕРАЛІВ
НИЖНЬОЇ ЩЕЛЄПИ СТАТЕВОЗРІЛИХ ЩУРІВ ПРИ
ІМПЛАНТАЦІ В ВЕЛИКОГОМІЛКОВУ КІСТКУ БІОГЕННОГО
ГІДРОКСИЛАПАТИТУ, НАСИЧЕНОГО ЗАЛІЗОМ В РІЗНИХ
КОНЦЕНТРАЦІЯХ**

Лузин В.І., Морозов В.М.

У даній статті вивчені ультраструктурні особливості біомінералів

**FEATURES of ULTRASTRUCTURE OF MANDIBLE
BIOMINERALS OF MATURE RATS DURING
IMPLANTATION IN TIBIA OF BIOGENIC
HYDROXYLAPATITE, SATURATED BY IRON IN
DIFFERENT CONCENTRATIONS**

Luzin V.I., Morozov V.M.

The ultrastructural features of mandible biominerals of

нижньої щелепи статевозрілих щурів при нанесенні дефекту великогомілкової кістки та імплантації біогенного гідроксилапатиту в чистому вигляді і насиченні різними концентраціями заліза. Встановлено, що імплантація даних матеріалів сприяє відновленню параметрів росту і формування кристалів гідроксилапатиту біомінералів нижньої щелепи, зменшення його ступеня аморфності і збільшення впорядкованості будови кристалічної решітки в пізні терміни спостереження. Виявлена оптимальна концентрація заліза у складі імплантату (0,15%).

Ключові слова: щури, дефект кістки, гідроксилапатит, залізо, біомінерали нижньої щелепи, ультраструктура.

Стаття надійшла 27.08.2012 р.

mature rats when applied tibial defect and implantation of biogenic hydroxylapatite pure and saturated with various concentrations of iron was studied. It was found, that implantation of these materials helps to restore the growth and hydroxylapatite crystal formation parameters of mandible biomaterials, reducing its degree of amorphous structure and an increase the degree of order of the crystal lattice in the later period of observation. The optimal concentration of iron in the implant (0,15%) was found.

Key words: rats, bone defect, hydroxylapatite, iron, biomaterials of mandible, ultrastructure.

Рецензент

УДК 616.611:611.13/16:616.379-008.65

Ц.Б. Покобало

Львівський національний медичний університет ім. Д.Галицького, м. Львів

ГІСТОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НИРКИ ЩУРА В НОРМІ ТА НА РАННІХ ТЕРМІНАХ СТРЕПТОЗОЦИН-ІНДУКОВАНОГО ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ

Досліджено структурну організацію компонентів, що формують фільтраційний бар'єр нирки, артеріальних судин нирки щура в нормі та на різних термінах перебігу експериментального цукрового діабету. Отримані дані в майбутньому дадуть можливість провести порівняльну характеристику морфологічних змін у структурах фільтраційного бар'єру та артеріальних судинах нирки щура в динаміці перебігу експериментальної стрептозотиніндукованої нефропатії.

Ключові слова. Фільтраційний бар'єр, нирка, щур, стрептозотиніндукований цукровий діабет.

Робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри анатомії людини Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького “Функціональна анатомія ряду органів та архітектоніка їх судинного русла у пре- і постнатальному періодах онтогенезу при експериментальних порушеннях гемомікроциркуляції, реконструктивних операціях та цукровому діабеті” (номер державної реєстрації 0195V006511).

Цукровий діабет є однією з визначальних проблем сучасної медицини. Це зумовлено, з одного боку, значним зростанням захворюваності за останнє десятиріччя, про що свідчать дані досліджень Міжнародного інституту діабету (Австралія), з іншого боку тим, що специфічна цукрознижуюча терапія сприяє збільшенню тривалості життя хворих, у зв'язку з чим діабетичні нефропатії стали більш частими. Розповсюдженість діабетичної нефропатії, як найбільш часті форми ускладнення цукрового діабету, дуже велика і за даними різних авторів коливається від 60 до 93%.

За допомогою комплексу макро- і мікроскопічних, ін'єкційних, гістологічних, електронно-мікроскопічних, морфометричних, біохімічних і статистичних методів дослідження описано особливості васкуляризації нирки щура, проведений морфометричний аналіз кровоносних судин нирки щура в нормі. На основі відтвореної експериментальної моделі стрептозотиніндукованого цукрового діабету вперше проведено порівняльний аналіз морфометричних параметрів кровоносних судин нирки щура впродовж 70 діб перебігу цукрового діабету.

Метою роботи було встановлення структурних особливостей кровоносного русла та фільтраційного апарату нирки білого щура за умов фізіологічної норми та в динаміці перебігу експериментального стрептозотиніндукованого цукрового діабету.

Матеріал та методи дослідження. Використано морфологічні (ін'єкційні, гістологічні, електронно-мікроскопічні, морфометричні), біохімічні (визначення гемоглобіну, глюкози крові та глікозильованого гемоглобіну), статистичні методи дослідження та відтворення моделі стрептозотиніндукованого цукрового діабету, які дозволили встановити особливості васкуляризації нирки щура в нормі та закономірності якісно-кількісних змін структурних компонентів кровоносного русла нирки в динаміці перебігу стрептозотинінового цукрового діабету.

Результати досліджень та їх обговорення. Особливістю будови нирки щура є наявність лише однієї ниркової піраміди. В кірковій речовині нирки щура містяться ниркові тільця, звивисті каналці, низхідні та висхідні частини петель нефронів. Встановлено, що об'єм ниркового тільця нирки щура становить $31,96 \pm 0,96$ мкм². Нирка щура кровопостачається нирковою артерією, яка, входячи у ворота нирки, галузиться на 2 міжчасткові артерії. Міжчасткові артерії простягаються до межі мозкової та кіркової речовини. Тут кожна з них розгалужується на дугові артерії, які розгалужуються на між часточкові, що в свою чергу поділяються до приносних артеріол. Встановлені наступні значення морфометричних показників кровоносних судин нирки щура в нормі: діаметр просвіту міжчасткової артерії становить $116,26 \pm 14,39$ мкм, площа її м'язової оболонки – $10432,96 \pm 2122,72$ мкм²; діаметр просвіту дугової артерії становить $32,91 \pm 0,56$ мкм, площа її м'язової оболонки – $2195,89 \pm 459,96$ мкм²; діаметр просвіту міжчасточкової артерії становить $11,66 \pm 2,21$ мкм, площа її м'язової оболонки – $652,66 \pm 16,56$ мкм²; діаметр просвіту приносної артеріоли становить $6,95 \pm 0,24$ мкм, площа її м'язової оболонки – $144,36 \pm 16,55$ мкм². Встановлено, що на 14 добу експерименту артерії як крупні,