

среднем отделе бедра слабо анастомозирует с мышечными артериальными сосудами.

3. Надкостница в диафизарном отделе кости плотная, толще, чем в метафизарных отделах и довольно легко отделяется от кости вместе с проходящими в ее толще сосудами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Анкин Л.Н. Опыт работы клиники Unfallchirurgie // Л.Н. Анкин Ортопедия, травматология и протезирование. – 1995. – № 3. – С. 70.
2. Большаков О.П. Значение функциональных и анатомических факторов в выборе метода лечения взрослых больных с асептическим некрозом головки бедренной кости и детей с болезнью Легга-Кальве-Пертеса / Большаков О.П., Корнилов Н.В., Расулов Р.М. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2007. - № 2. - С. 27 - 31 .
3. Гайко Г.В. Актуальні питання надання ортопедо-травматологічної допомоги населенню України / Г.В. Гайко, А.В. Калашніков, А.Н. Костюк // Журнал практичного лікаря. – 2005. – № 6. – С. 2-5.
4. Корж Н.А. Лечение диафизарных переломов бедренной кости (анализ осложнений) / Н.А. Корж, А.К. Попсуйшпака, З. Миниш // Ортопед. травматол. - 1999. - № 1. - С. 68 - 71.
5. Лаврищева Г.И. О возможности влияния на скорость восстановления нормальной структуры кости после перелома и принципах морфологической оценки / Г.И. Лаврищева // Медицинская реабилитация больных с переломами костей и ортопедическими заболеваниями: сб. тр. ЦИТО. - М., 1983. - Вып.26. - С.6-10.
6. Литвин Ю.П. Особенности применения модифици-

рованных пролонгированных внутрикостных блокад для стимуляции регенерации при открытых переломах и замедленном сращении длинных костей нижних конечностей / Ю.П. Литвин, А.Г. Кушнаренко // Травма. - 2006. -Т. 7, № 1. - С. 89 - 91.

7. Наш опыт лечения осложненных переломов бедра / В.А. Маков, В.А. Петров, С.А. Шпак [и др.] // Травма. - 2004. - Т. 5, № 3. - С. 312 - 315.

8. Оганесян О.В. Применение аппарата наружной чрезкожной фиксации при несросшихся переломах и ложных суставах длинных костей после интрамедуллярного остеосинтеза штифтом / О.В. Оганесян // Вестник травматологии и ортопедии. им.Н.Н.Приорова. - 2002. - № 4. - С. 26 - 31.

9. Первый опыт применения стабильно-функционального остеосинтеза вертельных переломов бедренной кости с использованием интрамедуллярного стержня PFN (Proximal Femur Nail) / В.С. Дедушкин, С.Г. Парфеев, И.Э.Обухов [и др.] //Амбулаторная хирургия. Стационаро-замещающие технологии.-2007. - № 2. - С. 71 - 76.

10. Путинцев В.А. Об особенностях квалификации степени вреда здоровью при проксимальных переломах бедра / В.А. Путинцев, Т.А. Пирожкова, В.А. Фетисов // Судебно-медицинская экспертиза. - 2007. -Т. 50, № 1. - С. 15 - 17.

11. Редько И.А. Методы остеосинтеза и тактика ведения пациентов в раннем послеоперационном периоде при переломах бедра / И.А. Редько // ЛФК и массаж.- 2007. - № 8. - С. 24 – 25.

12. Arcelus J.I. Venous thromboembolism following major orthopedic surgery: what is the risk after discharge? / J.I. Arcelus, J.C. Kudrna, J.A. Caprini // Orthopedics. - 2006. - Vol. 29, № 6. - P. 506 - 516.

УДК 591.84:599.323.4

© Бабак С.В., 2010

ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ КАНАЛОВ И КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ БЕДРЕННЫХ КОСТЕЙ КРЫС ПРИ СНЯТИИ ОПОРНОЙ НАГРУЗКИ

Бабак С.В.

Институт зоологии им.И.П.Шмальгаузена НАН Украины, Киев, Украина

Бабак С.В. Изменения в структуре каналов и кровеносных сосудов бедренных костей крыс при снятии опорной нагрузки // Украинський морфологічний альманах. – 2010. – Том 8, №2. – С. 5-7.

Проведено гистоморфометрическое исследование каналов и кровеносных сосудов компактного вещества диафиза бедренных костей крыс в условиях моделированного снятия опорной нагрузки на задние конечности. Установлено расширение и увеличение удельных площадей просветов каналов, уменьшение диаметров и удельных площадей просветов кровеносных сосудов. Имеет место уменьшение кровенаполнения сосудов, деформация стенок вследствие отрыва соединительнотканых пучков, которыми фиксируются сосуды в каналах.

Ключевые слова: кости, кровеносные сосуды, снятие опорной нагрузки.

Бабак С.В. Зміни в структурі каналів та кровеносних судин стегнових кісток щурів при знятті опорного навантаження // Український морфологічний альманах. – 2010. – Том 8, №2. – С. 5-7.

Проведено гистоморфометричне дослідження каналів та кровеносних судин компактної речовини діафізу стегнових кісток щурів за умов модельованого зняття опорного навантаження на задні кінцівки. Встановлено розширення та збільшення питомої площі просвітів каналів, зменшення діаметрів та питомих площ просвітів кровеносних судин. Має місце зменшення кровонаповнення судин, деформація стінок внаслідок відриву сполучнотканинних пучків, якими фіксуються судини в каналах.

Ключові слова: кістки, кровеносні судини, зняття опорного навантаження.

Babak S.V. Changes in structure of canals and blood vessels of femurs of rats at taking out of a basic load // Український морфологічний альманах. – 2010. – Том 8, №2. – С. 5-7.

Histomorphometric study of channels and blood vessels of compact substance diaphysis thigh-bones of rat were carry out in condition induced unloading of hind extremities. It was established expansion and increasing of channels coverage's, decreasing of diameters and blood vessels coverage's, diminishing blood-filling of vessels, deformation walls of vessels in consequence of separation conjunctive tissue fascicles, that fix vessels in channels.

Key words: bones, blood vessels, unloading of hind extremities.

Введение. При дефиците опорной нагрузки на скелет отмечено снижение минерализации, плотности костной ткани, нарушение гомеостаза [3, 17]. В растущем организме происходит торможение роста длинных костей и развитие остеопении губчатого вещества проксимальных метафизов [4, 12]. Наиболее выраженные изменения обнаружены в костях, несущих наибольшую весовую нагрузку на Земле, то есть в длинных костях конечностей и позвонках. Эти изменения характеризовались отчётливыми признаками остеопении и остеопороза [6, 10, 13]. У крыс, экспонированных в условиях невесомости, было найдено достоверное снижение объема и массы костной мозоли, а также прочности консолидации костных обломков при экспериментальных переломах костей [7, 8].

В развитии и функционировании костной ткани важная роль принадлежит кровеносному руслу и околососудистым клеткам. Кровеносные сосуды в компактном веществе костной ткани локализованы в продольных (гаверсовых) и поперечных (фолькмановых) каналах [3]. Особенности кровоснабжения и структуры каналов и кровеносных сосудов у животных при дефиците нагрузки изучены мало [13, 14, 15].

Цель нашего исследования – изучение изменений в структуре каналов и кровеносных сосудов в компактном веществе диафизов бедренных костей при снятии опорной нагрузки. Были поставлены задачи: провести морфометрическое исследование каналов и кровеносных сосудов в компактном веществе диафизов на гистопрепаратах бедренных костей крыс в контроле и опыте.

Материал и методы исследования. Объект исследования – белые крысы линии Вистар (самцы, масса 200-250 г). Исследования проводились на животных контрольной и опытной групп (по 6 крыс). Опытная группа животных находилась в антиорто-статическом положении ("вывешивание" за хвост под углом 35° по методу Morey-Holton, 1998) [16] в течение 28 дней. Были взяты биообразцы бедренных костей крыс, из которых изготовлены гистологические препараты. Для гистологических исследований материал фиксировали в 10% растворе формалина. Декальцинацию проводили в 10% водном растворе трилона Б (рН 7,4). Гистологические препараты окрашивали гематоксилин-эозином. Морфометрические исследования проводили с использованием светового микроскопа. Измеряли диаметры каналов и кровеносных сосудов, локализованных в этих каналах. Методом точечного счёта [1] вычисляли их удельную площадь, а также коэффициенты соотношения диаметров и удельных площадей просветов каналов и кровеносных сосудов в опытной группе животных и в контрольной. Результаты подсчётов обрабатывали методами сортировки, ранжирования и распределения частот с дальнейшим использованием критерия Стьюдента ($p < 0,05$) (программа Microsoft Excel).

Результаты и их обсуждение. Изучение гистопрепаратов биообразцов бедренных костей крыс, находившихся в опыте со снятием опорной нагрузки на задние конечности, показало ряд изменений в морфометрических показателях, по сравнению с контрольной группой животных. Так, при снятии опорной нагрузки отмечается увеличение диаметра продольных каналов и каналов, их соединяющих, в которых локализованы кровеносные сосуды (опыт – $14,1 \pm 0,7$, контроль – $12,9 \pm 0,5$ мкм). Морфометриче-

ский анализ гистологических препаратов и данных морфометрии показал, что костные каналы компактного вещества диафиза бедренных костей крыс двух групп представлены полостями диаметром от 7-ти до 51-го мкм. Для более наглядной картины изменений в ширине каналов при дефиците нагрузки на задние конечности, проводилось сортирование, ранжирование и распределение частот полученного цифрового материала: определён общий размах выборки данных (7-51); выбран интервал разрядов (5); определены границы разрядов и произведено табулирование согласно частотам встречаемости числовых разрядов (рис. 1). Дефицит нагрузки на задние конечности крыс приводит к уменьшению встречаемости каналов с наименьшим диаметром (7-11 мкм) по сравнению с контролем. В то же время частота встречаемости каналов с диаметрами – от 12 до 31 мкм – возрастает. В частоте встречаемости более крупных каналов (свыше 31 мкм) нет отличий между двумя группами. Можно предположить, что уменьшение частоты встречаемости каналов 7-11 мкм происходит потому, что часть их расширяется и попадает в другие числовые границы разрядов.

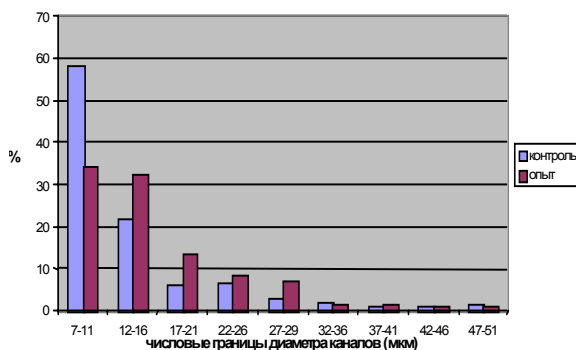


Рис. 1. Частота встречаемости каналов разного диаметра в компактном веществе диафиза бедренных костей крыс двух групп: контроль и опыт.

Изучение гистопрепаратов и данных морфометрии по удельной площади просветов каналов показало достоверное увеличение её числовых показателей в группе опытных животных (опыт – $0,190 \pm 0,008$, контроль – $0,164 \pm 0,007$).

Состояние костной ткани зависит от структурно-функциональных характеристик сосудистого русла, прилежащих околососудистых клеток, от состава крови, скорости кровотока и т.п. [10]. Наши исследования показали, что при дефиците нагрузки уменьшается диаметр кровеносных сосудов, проходящих в каналах компактного вещества диафиза бедренной кости (опыт – $9,56 \pm 0,4$, контроль – $12,48 \pm 0,6$ мкм). Анализ данных об удельной площади кровеносных сосудов в контроле и опыте показал следующее: удельная площадь сосудов в компактном веществе диафиза бедренных костей у крыс в опыте достоверно меньше по сравнению с контролем (опыт – $0,115 \pm 0,005$, контроль – $0,159 \pm 0,007$). Из этого следует, что кровоснабжение кости снижается в условиях дефицита нагрузки, а это может иметь негативные последствия для структуры и функционирования костной ткани.

Методом расчёта коэффициентов были получены данные о соотношении изучаемых метрических показателей каналов и сосудов. Так, коэффициент соотношения диаметра каналов к диаметру кровеносных сосудов в компактном веществе диафиза бедренных костей в контрольной группе животных приблизительно равен 1. Это значит, что кровеносные сосу-

ды практически вплотную прилегают к стенкам каналов, что и наблюдается под световым микроскопом. Согласно работам Боготанова Б.Н., Гончар-Заикиной Н.Г. [3], кровеносные сосуды прикрепляются к стенкам каналов соединительнотканными пучками, что обеспечивает сосудам надёжную фиксацию и поддержание нужного натяжения в стенках сосудов. На гистопрепаратах при визуальном наблюдении кровеносные сосуды у крыс контрольной группы хорошо видны. Они характеризуются хорошим кровенаполнением. Плотное расположение форменных элементов крови особенно выражено в истинных капиллярах. Что касается опытной группы, то коэффициент соотношения диаметра каналов к диаметру сосудов приблизительно равен 1,48. Т.е. при снятии опорной нагрузки на задние конечности расширение каналов происходит на фоне уменьшения диаметра сосудов. На гистопрепаратах во многих случаях наблюдали одностороннее пристеночное положение сосудов в канале, деформацию их стенок, меньшее, по сравнению с контролем, кровенаполнение, местами разрыв соединительнотканых пучков. Это дополнительно влияет на снижение сил натяжения в стенках сосудов, а соответственно меняется скорость течения крови, её физико-химические характеристики, что в совокупности может привести к нарушению транскапиллярных функций, в результате стимулирования синтеза соответствующих биологически активных веществ эндотелиоцитами [11].

Аналогичную картину показывает коэффициент соотношения изучаемых удельной площади просветов каналов к удельной площади кровеносных сосудов. В контроле он равен практически 1, что свидетельствует о том, что площадь, занимаемая сосудами, почти совпадает с площадью, которую занимают каналы в компакте костной ткани. Что касается опытной группы, то удельная площадь каналов в 1,65 раз больше удельной площади сосудов. Часть площади каналов, а соответственно и объёма, получается свободным, полым. Из этого логично вытекает, что удельный объём костной ткани при дефиците нагрузки будет снижаться из-за названных выше изменений, а соответственно и масса кости.

Известно, что гипопункция конечности сопровождается снижением потребления кислорода костной тканью, интенсивности кровообращения, сокращением кровотока тканей. Уменьшение микроциркуляторного русла сопровождается редукцией капиллярной сети. При гипокинезии снижается плотность расположения эндотелиоцитов и степень их связности, усиливается полиморфизм и гибель клеток, возрастает проницаемость пласта. При остеопорозе уменьшается толщина костей, их масса, зольность и содержание минеральных веществ, а количество расширенных сосудистых каналов в компактной ткани кости увеличивается [2, 5, 9].

Выводы: При снижении опорной нагрузки на задние конечности крыс в компактном веществе диафиза бедренных костей происходят изменения в структуре продольных каналов и каналов их соединяющих, а также в структуре кровеносных сосудов: увеличивается диаметр и удельная площадь просветов продольных и поперечных каналов; уменьшается диаметр и удельная площадь просветов кровеносных сосудов; снижается кровенаполнение кровеносных сосудов, стенки сосудов часто деформируются, теряется связь со стенками каналов.

Перспектива дальнейших исследований со-

стоит в детальном изучении и выявлении изменений в структуре и функционировании эндотелиоцитов микроциркуляторного русла костной ткани, а также окружающих сосудов периваскулярных клеток, играющих важную роль в гистогенезе, особенно в остеогенезе, при процессах ремоделирования костной ткани и адаптации к изменению опорной нагрузки опорно-двигательного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.
2. Алуховська Л.І., Василювська В.М., Безусяк А.І. та ін. Ефективність комплексних препаратів вітаміну D3 при остеопорозі // Біотехнологія. – Том. 1, № 2. – 2009. – С. 59-67.
3. Боготанов Б.Н., Гончар-Заикина Н.Г. Система костных каналов в качестве основы ангиоархитектоники костей // Арх. анат. гистол. эмбриологии. 1976. – 70 (4). – Р. 53-61.
4. Возрастные особенности развития остеопений у крыс при дефиците опорных нагрузок на задние конечности / Г.Н. Дурнова [и др.] // Авиакосм. и эколог. медицина. – 2001. – Т. 35, № 1. – С. 24-28.
5. Гипоксия как способ коррекции нарушения потребления кислорода костной тканью при различных статокинетических условиях / В.А. Березовский [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2001. – Т. 35, № 5. – С. 37-40.
6. Григорьев А. И., Ильин Е.А. Животные в космосе // Вестник Российской Академии наук. – 2007. – т. 77, №11. – С. 963-973.
7. Дурнова Г.Н., Капланский А.С., Корольков В.И. и др. Гистоморфометрическое исследование подвздошных костей обезьян после антигортостатической гипокинезии и «сухой» иммерсии // Авиакосм. биология и медицина, – 2004. – Т. 38, № 5. – С. 33-37.
8. Капланский А.С., Сахарова З.Ф., Ильина-Какуева Е.И., и др. Морфологическое исследование ранних изменений в костях крыс при моделировании невосможности // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1987. – №6. – С. 36-39.
9. Новиков И.И. Морфология кровеносного русла элементов мягкотканого остова и костей задних конечностей собаки при длительной гиподинамии // Вопросы структурной организации и взаимодействия элементов в системе микроциркуляции. – 1976. – С. 37-40.
10. Оганов В.С., Шнайдер В.С. Костная система // Косм. биология и медицина. Кн. 1. Человек в космическом полёте. Т. 3. М.: Наука, 1997.
11. Collin-Sooty P. Role of vascular endothelial cells in bone biology // Journal of Cellular Biochemistry. – 1994. – Vol. 55 (3). – P. 304 – 309.
12. Effects of microgravity on muscle and cerebral cortex: a suggested interaction / F. D'Amello [et al.] // Adv. Space Res. – 1998. – Vol. 22, №2. – P. 235-243.
13. Farrington-Rock C, Crofts NJ, Doherty MJ. etc. Chondrogenic and adipogenic potential of microvascular pericytes // Circulation. – 2004. – 12. – 110(15) – P. 2226-32.
14. Martiniaková M., Grosskopf B., Omelka R. et al. Histological analysis of ovine compact bone tissue // J. Vet. Med. Sci. – 2007. – 69(4). – P. 409-411.
15. Martiniaková M., Omelka R., Grosskopf B. et al. Histological analysis of compact bone tissue in adult laboratory rats // Slovak J. Anim. Sci. – 2009. – 42. – P. 56-59.
16. Morey-Holton ER and Globus RK. Hindlimb unloading of growing rats: a model for predicting skeletal changes during space flight // Bone. – 1998. – 22. – P. 83-88.
17. Osteoporose und metabolische Osteopathien: klinische Relationen / K. Klaushofer [et al.] // Wien. Med. Wochenschr. – 1999. – Bd. 149, H. 16-17. – P. 463-471.