

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В РАЦИОНЕ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ КОСТНОЙ ТКАНИ БЕРЕМЕННЫХ САМОК КРЫС**

**В работе представлены результаты исследования элементного состава костной ткани беременных самок крыс, находившихся на рационе с избыточным и дефицитным потреблением пищевых волокон до наступления и в течение беременности (всего 6 недель). Основой питания был полусинтетический казеиновый рацион, который обеспечивал поступление в организм адекватного содержания белков, жиров и углеводов, пищевых волокон (2 г микроцеллюлозы), витаминов и солей. Дефицит пищевых волокон моделировался за счет исключения из рациона микроцеллюлозы, избыточный рацион – путем увеличения уровня потребления микроцеллюлозы до 4 г/сутки. Моделирование дефицита пищевых волокон в рационе исследуемых животных, привело в основном к снижению содержания кальция и фосфора. Среди эссенциальных микроэлементов, снижение содержания селена – более низкие значения, как при дефицитном, так и при избыточном рационе. Достоверных изменений содержания токсичных элементов в опытных группах не наблюдалось.**

**Ключевые слова:** беременность, крысы, пищевые волокна, рацион питания, элементный статус, костная ткань.

При беременности функционирование всех регулирующих систем отличается значительной напряженностью, что может приводить к нарушению минерального обмена и метаболизма костной ткани [12], [6]. Функционирование такого мощного эндокринного органа – плаценты, а также желез внутренней секреции плода приводит к существенным изменениям тонких регуляторных механизмов, лежащих в основе физиологической деятельности всех органов и систем, не связанных с репродуктивными процессами [10], в том числе и костной ткани [14]. У здоровых беременных женщин резерв компенсаторно-приспособительных реакций организма для поддержания костного обмена достаточно широк [1], [11]. Генетическую программу по строительству костной ткани нельзя эффективно реализовать без достаточного количества энергии, белка, витаминов, и макро- и микроэлементов. Дефицит кальция, неполноценная диета препятствуют выполнению генетической программы [8]. Достигнутая в процессе роста костная масса имеет резервное значение: в дальнейшем она определяет устойчивость или склонность к переломам костей. Сформировавшаяся кость в течение всей жизни постоянно обновляется. При этом обмен в костной ткани могут ускорять самые различные эндогенные и экзогенные факторы [3].

Основным источником биоэлементов для организма является пищевая рацион [7]. Имеются доказательства, что высокое потребление

пищевых волокон может нарушать минеральный баланс в организме [9]. По данным литературы, пищевые волокна способны снизить адсорбцию кальция, железа, цинка, магния и увеличить выведение ионов тяжелых металлов [9].

Поскольку детальных исследований элементного статуса костной ткани во время гестационного периода на фоне различного уровня потребления пищевых волокон не проводилось, весьма актуальным является исследование влияния различного уровня пищевых волокон в рационе на элементный состав костной ткани беременных самок крыс.

Цель исследования: изучение влияния различного уровня потребления пищевых волокон беременными самками крыс на элементный состав костной ткани.

### **Материалы и методы исследования**

Настоящее исследование выполнено на базе экспериментально-биологической клиники (вивария) Института биоэлементологии Оренбургского государственного университета на крысах линии Wistar, 4-х месячного возраста и массой тела 350–400 (n=27). Эксперименты на животных осуществляли в соответствии с требованиями Женевской конвенции и по разрешению этического комитета Оренбургского государственного университета.

Кормление животных осуществлялось два раза в сутки, поение без ограничений. Основой

питания был полусинтетический казеиновый рацион (таб.1), который обеспечивал поступление в организм адекватного содержания белков, жиров и углеводов, пищевых волокон (2 г микроцеллюлозы), витаминов и солей (приказ Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 12 октября 2007 г. №280).

Эксперимент включал два последовательных периода: уравнительный, когда крысы не беременны (продолжительность – 21 сутки) и учетный – гестационный (продолжительность 21 сутки). В ходе уравнительного периода крысы были разделены на три группы, в зависимости от уровня потребления пищевых волокон: I опытная группа – дефицит пищевых волокон (за счет исключения микроцеллюлозы); II опытная – избыток пищевых волокон (4 г/сут); контрольная группа потребляла базовый полусинтетический казеиновый рацион.

В конце уравнительного периода в клетки были подсажены самцы для оплодотворения. Факт наступления беременности определялся качественной реакцией в моче на хорионический гонадотропин. По завершению учетного периода под эфирным рауш – наркозом проводили убой животных и забор бедренной кости для изучения элементного статуса.

Анализ исследуемых образцов тканей крыс (бедренная кость) осуществлялся в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва (аттестат аккредитации ГСЭН. RU.ЦОА.311, регистр.номер в гос. реестре РОСС RU.0001.513118 от 29 мая 2003) с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной

аргоновой плазмой (приборы ICAP-9000 «ThermoJarrellAsh, США, PerkinElmerOptima 2000DV, США; МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями 4.1.1482-03 и 4.1.1483-03, методом микроволнового разложения на приборе Multiwave 3000 (A.Paar).

Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением общепринятых методик при помощи приложения «Excel» из программного пакета «OfficeXP» и «Statistica6.0». Тип распределения для выборок определяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Параметры с ненормальным распределением и наличием ряда экстремальных значений представляли как медиану (Me), а в качестве мер рассеивания использовали 25–75 перцентили (Q1-Q3).

Достоверность различий изучаемых параметров анализировали с применением критерия Манна-Уитни: за достоверные принимали различия при значениях  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

В результате шестинедельного моделирования различного потребления пищевых волокон и проведенного изучения элементного состава костной ткани нами были получены следующие данные, представленные на рисунке 1.

При сравнении содержания макроэлементов выявлено, что отклонения в поступлении пищевых волокон привели к достоверному снижению уровня кальция в костной ткани только в группе с дефицитным по потреблению пищевых волокон рационе. Содержание этого макроэлемента было в 2 раза ниже относительно группы контроля (73981 мг/кг). Известно, что в кости

Таблица 1. Состав базового полусинтетического казеинового рациона

Ингредиенты	Кол-во	Белок	Жиры	Углеводы	Калорийность	
	г	г	г	г	ккал	%
Казеин	25	20,2	0,38	-	84,22	22,1
Крахмал маисовый	58	0,58	-	50,2	203,12	53,3
Масло подсолнечное нерафинированное	5	-	4,99	-	44,91	11,8
Лярд	5	-	4,98	-	44,82	11,8
Солевая смесь	4	-	-	-	-	-
Смесь в/р витаминов	1	-	-	1	4	1
Смесь ж/р витаминов	0,1	-	0,1	-	-	-
Микрокристаллическая целлюлоза	2	-	-	-	-	-
Итого	100,1	20,78	10,45	51,2	381,07	100

имеется лабильная фракция аморфного кальция, активно обменивающаяся с кальцием внеклеточной жидкости [2]. Этот обмен регулируется как системными гуморальными факторами (паратгормоном, кальцитонином, кальцитриолом), так и местными регуляторами транспорта кальция – через костную клеточную мембрану [2]. В кости имеется также стабильная фракция кальция, которая становится доступна внеклеточной жидкости в процессе перестройки костной ткани. Существует взаимный переход кальция между лабильной и стабильной фракцией костной ткани, который регулируется системой местных факторов, ответственных за ремоделирование костной ткани. Непосредственно в сосудистом русле происходит и срочная регуляция уровня ионизированного кальция, которая возможна за счет буферной системы, состоящей из сывороточных белков и низкомолекулярных соединений, и осуществляется физико-химическими законами без участия гормональных и нервных влияний. В результате взаимодействия системных и местных регуляторных факторов образуется множество потоков кальция и обеспечивается стабильность его гомеостаза [2], [5].

Также достоверным были изменения в содержании фосфора в первой опытной группе: более низкие значения относительно контроля (81321 мг/кг). Во второй опытной группе достоверных различий по отношению к контрольной группе выявлено не было. Обмен кальция и

фосфора тесным образом взаимосвязаны. Примерно 80% фосфора вместе с кальцием в виде солей образуют неорганическую основу костной ткани. Фосфор и кальций образуют плохо растворимые соединения, поэтому их общая концентрация не превышает определенного уровня и повышение одного из них, как правило, сопровождается снижением другого [4]. Значительного влияния на содержание других исследуемых макроэлементов уровень потребления пищевых волокон не оказал, однако наблюдалась тенденция к более низкому содержанию магния и натрия в опытных группах.

Среди эссенциальных микроэлементов моделирование пищевого рациона оказало достоверное влияние на содержание селена в костной ткани. Отмечалось более низкое содержание селена как при исключении из рациона пищевых волокон, так и при избыточном уровне потребления в 1,4 раза ( $p < 0,001$ ) и в 3 раза ( $p < 0,01$ ), относительно контроля соответственно. Основным местом абсорбции селена является двенадцатиперстная кишка, несколько меньшие его количества всасываются в тощей и подвздошной кишке. В среднем, абсорбируется 55–70% селена [15], [16]. Всасывание селена и селеносодержащих соединений в желудочно-кишечном тракте является слабо регулируемым или контролируемым процессом [13].

По другим микроэлементам достоверных различий по отношению к контрольной группе

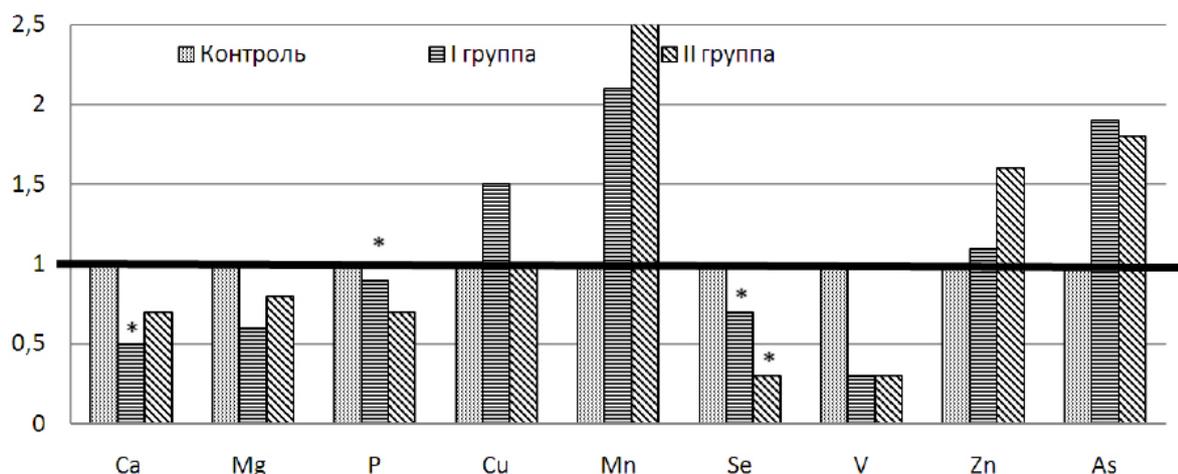


Рисунок 1. Относительные значения содержания химических элементов в костной ткани исследуемых животных, наиболее подверженных изменениям в результате моделирования пищевого рациона. Примечание: За «1» принято содержание данных химических элементов в данном субстрате в контрольной группе.

выявлено не было. Тем не менее, для группы с дефицитным рационом была характерна тенденция к более низкому содержанию никеля, ванадия, лития, и более высокому – меди, йода, марганца, цинка и мышьяка. В группе с избыточным содержанием пищевых волокон наблюдалась тенденция к более высоким показателям содержания цинка, йода, марганца, мышьяка, и более низким значениям ванадия.

Достоверные изменения содержания токсичных элементов в I и во II опытных группах не наблюдались. Однако можно отметить более высокое накопление свинца и более низкие значения олова во второй опытной группе относительно контрольной. В первой опытной группе наблюдалась тенденция к более низким показателям олова и стронция.

### **Выводы**

Резюмируя полученные данные можно сказать, что различный уровень пищевых волокон в рационе на протяжении 6 недель у беременных самок крыс способствовал изменению, в основном, содержания в костной ткани макроэлементов.

Моделирование дефицита пищевых волокон в рационе исследуемых животных, привело к снижению содержания таких макроэлементов, как кальций и фосфор. Кальций играет ключевую роль во всех видах обмена (минеральный, белковый, жировой, углеводный, энергетический), в процессе костеобразования, гемостаза, в межклеточном сигнальном взаимодействии. Недостаточное поступление кальция приводит к остеопорозу, разрушению и потере зубов, мышечным судорогам, аритмии, снижению памяти, нарушениям формирования скелета и роста у детей, гестозам беременных, синдрому задержки развития у плода.

Фосфор участвует практически во всех метаболических реакциях организма, являясь

основным ионом в меж- и внутриклеточной жидкости, оказывает преимущественно кислотное действие на организм, принимает участие в обмене белков, жиров и углеводов, построении клеточных элементов, костной ткани, ряда ферментов, гормонов и многих других органических соединений. Дефицит фосфора в организме характеризуется изменением костной ткани с развитием остеопороза, потерей аппетита, похуданием, апатией, нарушениями чувствительности кожи, снижением умственной и физической работоспособности.

Среди эссенциальных микроэлементов отмечалось только изменение содержания селена – более низкие значения, как при дефицитном, так и при избыточном рационе. Селен является природным биокорректором, от наличия которого в организме зависят практически все функции клетки. При его недостаточном поступлении характерны такие нарушения, как снижение работоспособности, снижение клеточного и гуморального иммунитета, медленная регенерация поврежденных тканей, нарушение зрения, нарушение фертильности, повышение рисков развития профессиональных заболеваний и повреждений печени. Так как селен участвует в метаболизме костной ткани, одним из проявлений его дефицита является болезнь Кешана, характерным признаком которой являются изменения в костной ткани – остеоартроз с множественной деформацией суставов, позвоночника и конечностей.

Таким образом, полученные результаты наглядно демонстрируют, что, несмотря на ограниченное временное воздействие пищевого фактора и более медленное течение обменных процессов в костной ткани, моделирование рациона с различным уровнем потребления пищевых волокон привело к изменению содержания химических элементов, непосредственно участвующих в метаболизме костной ткани.

21.04.2016

### **Список литературы:**

1. Быстрицкая, Т.С., Волкова, Н.Н. Некоторые показатели фосфоро-кальциевого обмена при нормальной и осложненной гестозами беременности // Акуш. и гин. -1999.-№4.-С.20-21.
2. Воложин, А. И., Порядин, Г. В. Патология физиология. Том 2. Издательство: Академия, 2010. – 256 с.
3. Казимирко, В.К., Мальцев, В.И. Остеопороз как биологическая проблема. Киевская медицинская академия последипломного образования им. П.Л. Шупика, Здоров'я України, 2005; 21(130):27-29.
4. Кеттгайл, В.М., Арки, Р.А. Патология физиология эндокринной системы. Пер. с англ. М: «Издательство БИНОМ», 2007.
5. Лукьянчиков, В. С. Кальций: физиология. Онтогенетический и клинический аспект // Новые исследования.-2012.-№2(31).-С.5-13.
6. Михайлова, О.И., Вересова, А. А. Применение витаминно-минеральных комплексов после родов // Русский медицинский журнал.-2013.-№23/том 21.-С.1137-1141.

7. Нотова, С.В., Скальный, А.В., Скальный, В.В. Применение методов контроля и коррекции питания для предотвращения биоэлементозов // Вестник Оренбургского государственного университета. -2004.-№5.-С.-105-108.
8. Поворознюк, В.В., Григорьева, Н.В. Питание и остеопороз // Женское здоровье. – 2000. – №3. – С. 36-39.
9. Погожева, А.В. Пищевые волокна в лечебно-профилактическом питании. Вопросы питания. -1998.– №1/98. – С.39-42.
10. Савельева, Г.М., Кулаков, В.И., Стрижаков, А.Н. и др. Акушерство. – М: Медицина, 2000. – С.94-98.
11. Танаков, А.И., Айламазян, Э.К. Обмен кальция во время беременности // Вестник Российской ассоциации акушер-гинекологов. -1996.-№4.-С.31-37.
12. Щербавская, Э.А., Гельцер, Б.И. Маркеры костного метаболизма при физиологически протекающей и осложнённой гестозами беременности // Тихоокеанский медицинский журнал. - 2002.-N 3.-С.54-56.
13. Brown, D.G., Burk, R.F., Seely, R.J. and Kiker, K.W. 1972. Effect of dietary selenium on the gastrointestinal absorption of <sup>75</sup>SeO<sub>3</sub>-2 in the rat. Int. J. Vit. Nutr. Res. 42(4):588-591.
14. Gambacciani, M., Spinetti, A. et al. Effect of new estrogen/progestin combination in postmenopausal syndrome // Maturitas. 1995.– N. 22.– P. 115–120.
15. Janghorbani, M., Christensen, M.J., Nahapetian, A., and Young, V.R. 1982. Selenium metabolism in healthy adults: quantitative aspects using the stable isotope. Am. J. Clin. Nutr. 35(4):647-654.
16. Thomson, C.D., and Stewart, R.D.H. 1974. The metabolism of (<sup>75</sup>Se) selenite in young men. Br. J. Nutr. 32(1):47-57.

Сведения об авторах:

**Борисюк Светлана Владимировна**, аспирант кафедры биохимии и микробиологии

Оренбургского государственного университета

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 372482, e-mail: svborisyuk@mail.ru

**Нотова Светлана Викторовна**, д.м.н., профессор кафедры биохимии и микробиологии

Оренбургского государственного университета, доктор медицинских наук

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 372482, e-mail: snotova@mail.ru

**Кван Ольга Вилориевна**, научный сотрудник института биоэлементологии

Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук

460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, тел. (3532) 372482, e-mail: kwan111@yandex.ru