

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ БЕРЕМЕННЫХ САМОК КРЫС НА ФОНЕ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Борисюк С.В., Кван О.В.

*ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия, e-mail: post@mail.osu.ru.*

В работе представлены результаты исследования элементного состава мышечной ткани беременных самок крыс, находящихся на рационе с избыточным и дефицитным потреблением пищевых волокон до наступления и в течение беременности (всего 6 недель). Основой питания был полусинтетический казеиновый рацион. Дефицит пищевых волокон моделировался за счет исключения из рациона микроцеллюлозы, избыточный рацион – путем увеличения уровня потребления микроцеллюлозы до 4 г/сутки. При сравнении элементного состава мышечных тканей выявлено, что моделирование дефицита пищевых волокон в рационе исследуемых животных приводит в основном к увеличению содержания химических элементов в мышечной ткани. При этом наблюдались более высокие значения содержания меди (в 1,8 раза,  $p \leq 0,01$ ), железа (в 1,5 раза,  $p \leq 0,01$ ), йода (в 3,9 раза,  $p \leq 0,01$ ), марганца (в 2,3 раза,  $p \leq 0,01$ ), кремния (в 1,6 раза,  $p \leq 0,01$ ), мышьяка (в 1,6 раза,  $p \leq 0,01$ ), кобальта, хрома, цинка и лития. Избыточное потребление пищевых волокон чаще ассоциируется со снижением содержания химических элементов, что, вероятно, связано с их абсорбционными свойствами. Исключение составил кальций, снижение содержания которого в мышечной ткани наблюдалось как при избыточном, так и при дефицитном по содержанию пищевых волокон рационе.

Ключевые слова: беременность, крысы, пищевые волокна, рацион питания, элементный состав, мышечная ткань.

## THE ELEMENTAL COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE OF PREGNANT FEMALE RATS ON THE BACKGROUND OF DIFFERENT LEVELS OF CONSUMPTION OF DIETARY FIBER

Borisyuk S.V., Kvan O.V.

*Orenburg State University, Orenburg, Russia, e-mail: post@mail.osu.ru.*

The paper presents the results of a study of the elemental composition of muscle tissue of pregnant female rats are on a diet with excess and deficient intake of dietary fiber before and during pregnancy (6 weeks). The basis of power was a semisynthetic casein diet. Deficiency of dietary fiber was modeled by excluding microcellulose diet, excessive diet - by increasing the consumption of microcellulose to 4 grams per day. Comparing the elemental composition of muscle tissue revealed that simulation deficiency of dietary fibers in the diet of treated animals leads generally to an increase in the content of the chemical elements in the muscle tissue. At the same time observed higher values of copper (1.8-fold,  $p \leq 0,01$ ), iron (1.5-fold,  $p \leq 0,01$ ), iodine (3.9-fold,  $p \leq 0,01$ ), manganese (2.3-fold,  $p \leq 0,01$ ), silicon (1.6-fold,  $p \leq 0,01$ ), arsenic (in 1.6-fold,  $p \leq 0,01$ ), cobalt, chromium, zinc, and lithium. Excessive intake of dietary fiber is more commonly associated with the reduction of chemical elements, which is probably due to their absorption properties. The exception was the calcium content of which decrease in the muscle tissue was observed as in excess and deficient in dietary fiber content of the diet.

Keywords: pregnancy, rats, dietary fiber, diet, elemental composition, muscle tissue.

Общеизвестно, что минеральные вещества являются ключевыми элементами важнейших биохимических процессов организма [1]. Основным источником минеральных веществ является пищевой рацион [2]. Биодоступность минеральных веществ зависит от состава пищевого рациона, как в отношении нормального макро- микроэлементного соотношения, так и от количества поступающих пищевых волокон [5]. Пищевые волокна – большая группа полимерных веществ различной химической природы, источниками которых служат

растительные продукты. Эти вещества играют важную роль в функционировании ряда органов и систем организма и, в первую очередь, влияют на функцию толстой кишки.

Одним из важных свойств пищевых волокон является их устойчивость к действию амилазы и других ферментов, благодаря которой не происходит их всасывание в тонком кишечнике [3]. Это обеспечивает их адсорбционные и ионообменные свойства.

Потребление диеты с повышенным уровнем пищевых волокон с ранних сроков беременности значительно снижает риск развития гипертензии, а также дислипидемии, которая является одним из клинических маркеров преэклампсии [7].

Недостаточное количество потребляемых пищевых волокон в рационе и нарушение толерантности к глюкозе у пациенток, планирующих беременность, в большинстве случаев ассоциируется с повышенным риском развития гестационного сахарного диабета [6].

Поскольку детальных исследований элементного гомеостаза на фоне различного уровня потребления пищевых волокон во время беременности не проводилось, весьма актуальным является исследование влияния избыточного содержания или отсутствия пищевых волокон в рационе на элементный состав тканей во время гестационного периода организма.

Цель исследования: изучение элементного состава мышечной ткани беременных самок крыс на фоне различного уровня потребления пищевых волокон.

#### **Материалы и методы исследования**

Настоящее исследование выполнено на базе экспериментально-биологической клиники (вивария) Института биоэлементологии Оренбургского государственного университета на экспериментальных животных-крысах линии Wistar, с четырех месячного возраста и массой тела 350–400 г (n=27). Эксперименты на животных осуществляли в соответствии с требованиями Женевской конвенции и по разрешению этического комитета Оренбургского государственного университета (протокол № 12 от 22.01.2007).

Эксперимент включал два последовательных периода: 1 – уравнительный, когда крысы не беременны (продолжительность – 21 сутки), 2 – учетный – гестационный (продолжительность 21 сутки). В ходе уравнительного периода крысы были разделены на три группы, в зависимости от уровня потребления пищевых волокон (табл. 1).

**Таблица 1**

Схема проведения эксперимента

Объект исследования	Группа	Период эксперимента	
		уравнительный	учетный
		3 недели	3 недели
крысы	I – опытная (n=9)	ДР	ДР

линии	II – опытная (n=9)	ИР	ИР
Wistar (самки)	Контрольная (n=9)	ОР	ОР

Примечание: ОР – базовый полусинтетический казеиновый рацион, ДР – дефицитный рацион, ИР - избыточный по содержанию пищевых волокон рацион.

В конце первого периода в клетки были подсажены самцы для оплодотворения. Факт наступления беременности определялся качественной реакцией в моче на хорионический гонадотропин.

Основой питания был полусинтетический казеиновый рацион, который обеспечивал поступление в организм адекватного содержания белков, жиров и углеводов, пищевых волокон, витаминов и солей (приказ Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 12 октября 2007 г. № 280) [4]. Первая опытная группа получала дефицитный рацион (ДР), сформированный за счет исключения микроцеллюлозы. Вторая опытная группа получала микроцеллюлозу в количестве 4 г/сут(ИР). Третья группа, являясь контрольной, получала базовый полусинтетический казеиновый рацион (ОР). Кормление животных осуществлялось два раза в сутки, поение без ограничений. По завершении учетного периода под эфирным рауш-наркозом проводили убой животных и отделяли скелетную мускулатуру для изучения микроэлементного статуса.

Анализ исследуемых образцов мышечных тканей крыс 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 аргонной 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). В образцах определялось содержание 24 химических элементов.

Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением общепринятых методик при помощи приложения «Excel» из программного пакета «OfficeXP» и «Statistica 6.0». Тип распределения для выборок определяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Параметры с ненормальным распределением и наличием ряда экстремальных значений представляли и 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  $<0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования нами были получены следующие данные (табл. 2).

При сравнении содержания макроэлементов выявлено, что отклонения в поступлении пищевых волокон приводят к достоверному снижению уровня кальция в мышечной ткани. Наиболее выраженное снижение наблюдалось в первой опытной группе, где уровень кальция был ниже почти в 4 раза. Значительного влияния на содержание других исследуемых макроэлементов уровень потребления пищевых волокон не оказал, однако наблюдалась тенденция к более высокому содержанию калия в I опытной группе и более низкому содержанию этого же элемента во II группе.

Исключение из рациона пищевых волокон способствовало достоверно более высокому содержанию в мышечной ткани меди в 1,8 раза, железа в 1,5; йода в 3,9; марганца в 2,3; кремния в 1,6 и мышьяка в 1,6 раза. По другим микроэлементам достоверных различий по отношению к контрольной группе выявлено не было. Тем не менее для группы с дефицитным рационом была характерна тенденция к более высокому содержанию кобальта, хрома, цинка и лития. Во II опытной группе достоверные различия выявлены только по содержанию никеля – его значения выше в 1,2 раза, относительно контроля. В группе с избыточным содержанием пищевых волокон также наблюдалась тенденция к более низким показателям содержания хрома, железа, йода, цинка, мышьяка и кремния.

**Таблица 2**

Содержание химических элементов в мышечной ткани исследуемых животных, мг/кг

Элемент	группы					
	контроль		I (ДР)		II (ИР)	
	Me	Q <sub>1</sub> -Q <sub>3</sub>	Me	Q <sub>1</sub> -Q <sub>3</sub>	Me	Q <sub>1</sub> -Q <sub>3</sub>
<b>Макроэлементы</b>						
Ca	55	51-59	14,1**	13,8-14,3	33,2*	33-33,7
K	3101	3000-3561	3380	3375-3387	2901	2896-2911
Mg	275	250-631	275	273-278	273	269-279
Na	610	2045-2321	611	608-614	673	669-679
P	2151	2049-2360	2211	2208-2216	2263	2259-2269
<b>Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы</b>						
Co	0,045	0,035-0,075	0,068	0,065-0,091	0,063	0,058-0,088
Cr	0,2	0,18-0,41	0,26	0,21-0,51	0,16	0,15-0,21
Cu	1,1	0,9-1,9	1,8*	1,5-2,9	1,18	1,16-1,31
Fe	22,3	21,2-25,4	33,6*	33,1-36,1	21,1	20,8-24,1
I	4,1	3,9-4,2	14,5*	14-15,6	3,16	3,06-3,21
Mn	0,71	0,68-0,93	1,53*	1,43-1,59	1,1	0,9-1,3
Ni	0,027	0,025-0,033	0,023*	0,02-0,027	0,033	0,023-0,039
Se	0,037	0,033-0,039	0,033	0,03-0,038	0,036	0,03-0,04
V	0,0027	0,0025-0,0034	0,0025	0,002-0,0029	0,0034	0,0029-0,004

Zn	15,1	14,9-15,2	24,73	24,33-24,9	13,83	13,21-14,65
As	0,017	0,016-0,022	0,019*	0,015-0,0099	0,015	0,014-0,017
Li	0,0076	0,0074-0,0083	0,0095	0,007-0,012	0,0082	0,007-0,0091
Si	15,9	14,7-16,1	24,5*	24-25,1	14,27	14-15,1
Токсичные микроэлементы						
Al	0,69	0,65-0,72	0,53	0,5-0,6	0,92	0,8-1,1
Cd	0,0005	0,00048- 0,00053	0,0005	0,00048- 0,00055	0,00065	0,0005-0,0008
Hg	0,004	0,0038- 0,0044	0,004	0,0038-0,0047	0,004	0,003-0,006
Pb	0,017	0,014-0,019	0,016	0,011-0,021	0,014	0,01-0,017
Sn	0,013	0,011-0,019	0,014	0,01-0,022	0,083**	0,073-0,11
Sr	0,16	0,14-0,22	0,073	0,068-0,083	0,094**	0,084-0,11

Примечание: значками \*, \*\* обозначена достоверная разница ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой.

Содержание токсичных элементов в I и во II опытных группах практически соответствовало таковым в контрольной группе. Исключение составили стронций и олово. Содержание стронция в I опытной группе было достоверно более низким по сравнению с контрольной группой. Избыточное потребление пищевых волокон привело к большему накоплению стронция в мышечной ткани. Показатели содержания олова во II опытной группе достоверно превышали таковые по сравнению с контрольной. При сравнении опытных групп мы видим более высокие значения алюминия и олова в 1,8 и 6 раз соответственно во II опытной по отношению к I опытной группе.

### **Выводы**

Таким образом, изменение уровня пищевых волокон в рационе способствовало перераспределению химических элементов в организме экспериментальных животных.

При сравнении элементного состава мышечных тканей выявлено, что моделирование дефицита пищевых волокон в рационе исследуемых животных, приводит в основном к увеличению содержания химических элементов в мышечной ткани. Наиболее чувствительным к дефициту потребления пищевых волокон были следующие элементы: кальций, медь, железо, йод, марганец, кремний, мышьяк. Избыточное потребление пищевых волокон чаще ассоциируется со снижением содержания химических элементов, что, вероятно, связано с их абсорбционными свойствами.

### **Список литературы**

1. Нотова С.В., Скальная М.Г., Баранова О.В. Оценка питания студентов Оренбурга // Вопросы питания. – 2005. – Т.74, № 33. – С. 14-17.
2. 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.

3. Приказ Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 12 октября 2007 г. № 280 «Об утверждении и внедрении методических рекомендаций “Оценка безопасности наноматериалов”».

4. Фомина М.В., Толмачева Н.А., Борисюк С.В. К вопросу о роли пищевых волокон в минеральном обмене // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». – Оренбург, 2012. – С.462-464.

5. Bronner F. Current concepts of calcium absorption. An overview.1992. J.Nutr.122:641-643.7.

6. Cuilin Zhang, Simin Lin, Caren G Solomon, Frank B Hu. Diabet care. Volume 29, number 10, october 2006, p.2223-2229.8.

7. Qin C, Couglin KB, Frederic IO, Sorensen TK, Williams MA. Am S Hypertens\2008, aug, 21 (8):903-9.

**Рецензенты:**

Мирошников С.А., д.б.н., профессор, ФГБУН Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства, г. Оренбург;

Лебедев С.В., д.б.н., ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный университет, г. Оренбург.