

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЕЧЕНИ БЕРЕМЕННЫХ САМОК КРЫС НА ФОНЕ РАЗЛИЧНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Высокое потребление пищевых волокон может нарушать минеральный баланс в организме. Исключение из рациона пищевых волокон способствует более высокому содержанию в мышечной ткани меди, железа, йода, марганца, кремния и мышьяка. В этой связи интерес вызывает элементный состав печени на фоне различного уровня потребления пищевых волокон во время беременности.

Проведены исследования элементного состава печени беременных самок крыс, находящихся на рационе с различным уровнем потребления 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. При сравнении элементного состава печени крыс выявлено, что дефицит пищевых волокон в рационе приводит, в основном, к снижению содержания I, Ni и Si, за исключением Mn. Избыточное потребление пищевых волокон ассоциировалось со снижением содержания Cr, I, I, Ni, As, Si, а также таких токсических химических элементов, как Hg и Sn, что вероятно, связано с их абсорбционными свойствами. Изменение в потреблении пищевых волокон не оказало влияния на уровень большинства химических элементов, депонируемых в печени, таких как Fe, K, Cu, Zn и Se. Полученные данные подтверждают важную роль печени в гемостазе этих элементов.

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

Необходимым условием нормального течения беременности, родов и развития плода является достаточное содержание и баланс макро- и микроэлементов. В период беременности потребность организма во многих жизненно важных витаминах и минеральных веществах существенно возрастает. Характерной особенностью при беременности является преобладание ассимиляции над диссимиляцией, а именно увеличивается потребность в кислороде, в усвоении кальция, фосфора, железа и других неорганических веществ, изменяется липидный и углеводный обмены [4].

В печени осуществляется интеграция всех основных обменов в организме. В период беременности существенно возрастает нагрузка на печень, ослабевает ее дезинтоксикационная функция, увеличивается вязкость желчи, что в сочетании с моторно-тоническими расстройствами желчного пузыря и желчевыводящих путей способствует развитию холелитиаза [18]. Во время физиологической беременности в сыворотке крови увеличивается содержание холестерина, значительно повышается активность аминотрансфераз, щелочной фосфатазы, отмечаются гипопроteinемия, гипоальбуминемия, гипергамма-глобулинемия и др [10].

Печень служит местом депонирования многих минеральных веществ - калия, меди, цинка, кобальта, никеля, молибдена, селена и марганца [3], [8]. В печени депонируются около 15 % всего железа организма [6].

Основным источником минеральных веществ является пищевая рацион [5]. Одним из эффектов взаимодействия микронутриентов между собой является адсорбционные и ионно-обменные свойства пищевых волокон, что объясняется наличием большого числа связывающих групп на поверхности биополимеров последних [1], [9]. Имеются данные, свидетельствующие, что высокое потребление пищевых волокон может нарушать минеральный баланс в организме [7]. Известно, что исключение из рациона пищевых волокон способствует более высокому содержанию в мышечной ткани меди, железа, йода, марганца, кремния и мышьяка [2].

В этой связи интерес вызывает элементный состав печени на фоне различного уровня потребления пищевых волокон во время беременности, что и стало целью исследования.

Материалы и методы исследования

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 (www.osu.ru).

Кормление животных осуществлялось два раза в сутки, поение без ограничений. Основой питания был полусинтетический казеиновый рацион (таблица 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 группа – 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 печени для изучения элементного статуса.

Анализ исследуемых образцов печени 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 ICAР-9000 «ThermoJarrellAsh, США, Perkin Elmer Optima 2000 DV, 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 (А. Paar). В образцах определялось содержание 24 химических элементов.

Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением общепринятых методик при помощи стандартных компьютерных программ. 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 <0,05.

Результаты и их обсуждение

В результате шестинедельного моделирования различного потребления пищевых волокон и проведенного изучения элементного состава

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

ткани печени нами были получены следующие данные (рис. 1). При сравнении содержания макроэлементов выявлено, что дефицит пищевых волокон приводят к изменению содержания кальция в тканях печени: в первой опытной группе наблюдались более низкие значения кальция (0,7 мг/кг), а во второй опытной группе более высокое содержание (1,8 мг/кг) данного макроэлемента, относительно контрольной. Кальций усваивается во всех отделах тонкого кишечника, а также в слепой и толстой кишке. Одним из механизмов его усвоения является активный транспорт через клетки слизистой оболочки кишечника, причем интенсивность всасывания посредством кальциевого насоса зависит от отдела кишечника, характера питания и гормонального статуса организма [24]. В частности, пищевые волокна снижают усвояемость кальция, соединяясь с ним в просвете кишечника с образованием нерастворимых комплексов.

Значительного влияния на содержание других исследуемых макроэлементов уровень потребления пищевых волокон не оказал, однако наблюдалась тенденция к более высокому содержанию фосфора (3121 мг/кг) во II опытной группе и более низкие его значения (2864 мг/кг) в I группе. Таким образом, динамика содержания фосфора схожа с таковой для кальция, что возможно объясняется схожестью их абсорбции.

Исключение из рациона пищевых волокон способствовало достоверно более низкому со-

держанию в печени таких эссенциальных микроэлементов как йод, никель и кремний в 2,7 ($p < 0,01$), в 1,4 ($p < 0,01$) и в 1,3 раза ($p < 0,01$) соответственно. Также в первой опытной группе достоверно ($p < 0,01$) были выше значения марганца в 1,7 раза по отношению к контрольной. Известно, что всасывается менее 5 % марганца, содержащегося в рационе [14], [15], [12]. На его всасывание влияет источник углеводов рациона [14], присутствие фитата [11] и животного белка [22], содержание в рационе марганца [17] и других минеральных элементов [11], [23]. Избыток кальция в рационе также влияет на доступность и гомеостаз марганца [16]. Образование комплекса марганца с фитатом стимулируется (синергизируется) *in vitro* повышенными уровнями кальция в диете [19].

По другим микроэлементам достоверных различий по отношению к контрольной группе выявлено не было, однако наблюдалась тенденция к изменению уровня содержания мышьяка и хрома. У человека и у животных в тонком кишечнике всасывается менее 2 % неорганического хрома. Неорганический Cr^{3+} образует в тонком кишечнике очень стабильные, трудно абсорбируемые гидраты. Органические комплексы хрома абсорбируются лучше, чем неорганические. Мышьяк же, содержащийся в пищевых продуктах и органических соединениях, легко всасывается.

Во II опытной группе достоверные различия выявлены по содержанию кобальта, хрома,

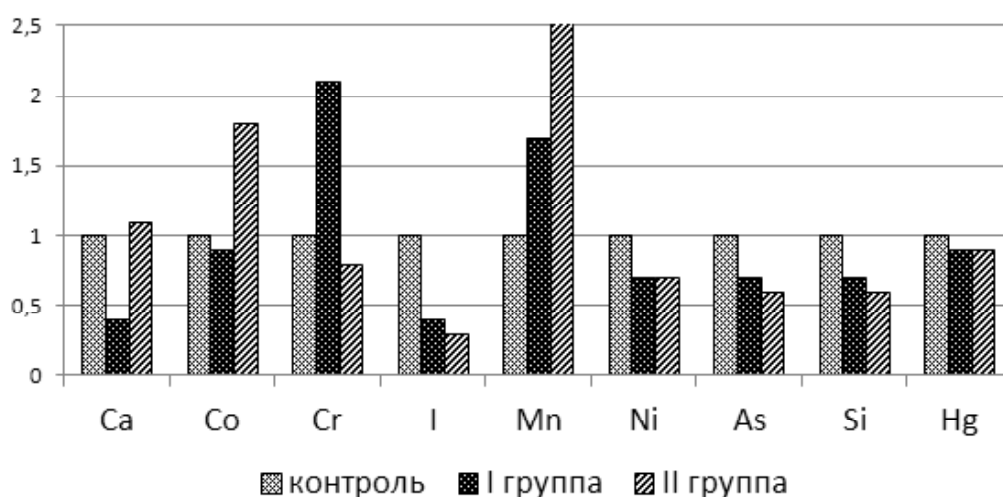


Рисунок 1 – Относительные значения содержания химических элементов в печени животных (представлены элементы, по которым получены достоверные различия).

йода, марганца, никеля, мышьяка и кремния. Избыточное потребление пищевых волокон сопровождалось снижением уровня йода, хрома, никеля, мышьяка, и кремния в печени в 3,7 ($p<0,01$), в 1,3 ($p<0,01$), в 1,4 ($p<0,01$), в 1,61 ($p<0,01$) и в 1,6 раза ($p<0,01$), соответственно. Наряду с этим отмечалось более высокое содержание в ткани печени кобальта в 1,7 раза ($p<0,05$) и марганца в 3,3 раза ($p<0,01$) относительно контрольной группы. Наблюдаемые, изменения уровня содержания данных элементов, вероятно, связаны с особенностями их абсорбции и важностью для поддержания гомеостаза. Так, например, никель из рациона абсорбируется в диапазоне от 1 до 10 % даже при высоких уровнях потребления; кремний усваивается менее 4 %, при этом на его усвояемость и растворимость в желудочно-кишечном тракте влияет вид, в котором кремний поступил в организм из пищи и уровень потребления пищевых волокон. Абсорбция кобальта, в основном, происходит в тонком кишечнике и может составлять от 20 до 95 %. Абсорбция солей кобальта уменьшается при их комплексировании с белком [20].

Достоверные различия содержания токсичных элементов в I и во II опытных группах наблюдались только по уровню ртути. Значения содержания этого элемента были ниже в опытных группах по сравнению с контрольной. Возможно, это связано с перераспределением ртути в организме, так как этот элемент в виде метилртути быстро и эффективно (90-95%) поглощается и реабсорбируется из ЖКТ [13]. Избыточное потребление пищевых волокон достоверно ($p<0,01$) привело к более низким зна-

чениям содержания олова в тканях печени в 1,7 раза. Относительно других токсичных элементов можно отметить более высокое накопление алюминия, кадмия и стронция во второй опытной группе относительно контрольной.

Выводы

Резюмируя полученные данные можно сказать, что изменение уровня пищевых волокон в рационе на протяжении 6 недель у беременных самок крыс способствовало изменению содержания химических элементов в тканях печени.

При сравнении элементного состава печени самок крыс выявлено, что моделирование дефицита пищевых волокон в рационе приводит, в основном, к снижению содержания химических элементов, за исключением марганца. Наиболее чувствительными к дефициту потребления пищевых волокон были следующие элементы: йод, никель и кремний.

Избыточное потребление пищевых волокон ассоциировалось со снижением содержания хрома, йода, никеля, мышьяка, кремния, а также таких токсических химических элементов, как ртуть и олово, что вероятно, связано с их абсорбционными свойствами.

Различный уровень пищевых волокон не оказал влияния на уровень большинства химических элементов, депонируемых в печени, таких как железо, калий, медь, цинк и селен. В тоже время отмечен эффект «запасания» в печени марганца и кобальта при изменении диеты. Полученные данные подтверждают важную роль печени в гемостазе этих элементов.

12.03.2016

Список литературы:

1. Ардагская, М.Д. Метаболические эффекты пищевых волокон. Пути использования в клинической медицине // Сучастна гастроэнтерология. 2010. С.79-91.
2. Борисюк, С.В., Кван, О.В. Элементный состав мышечной ткани беременных самок крыс на фоне различного уровня потребления пищевых волокон // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5.
3. Комов, В.П., Шведова, В.Н. Биохимия. – М.: Дрофа, 2008. – 638 с.
4. Лещенко, Я.А., Мыльникова, И.В., Лисецкая, Л.Г., Белецкая, Н.С. Содержание некоторых химических элементов в организме беременных женщин // Бюллетень ВСНЦ СО РАН, 2004, №2. Том 1. — С. 194–206.
5. 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.
6. Орлов, Р.С., Ноздрачев, А.Д. Нормальная физиология: учебник. – ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 696 с.
7. Погожева, А.В. Пищевые волокна в лечебно-профилактическом питании. Вопросы питания №1/98. - С.39-42.
8. Савченко, О.В. Влияние альгината кальция и пектина на уровень макро- и микроэлементов // Эфферентная терапия. – 2006. – № 4. – С. 45–48.
9. Тутельян, В.А., Батулин, А.К., Гаппаров, М.М.Г., Каганов, Б.С. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 // Утв.гл.государственный санитарный врач Российской Федерации Г.Г.Онищенко 18.12.2008 г. М: Минздрав РФ. - 2008. - 39с.

10. Шехтман, М.М. - Экстрагенитальная патология и беременность - М: «Медицина», 1987 - С.303.
11. Davidsson, L., Cederblad, A., Lonnerdal, B. and Sandstrom, B. 1991. The effect of individual dietary components on manganese absorption in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 54:1065-1070.
12. Finley, J.W., Johnson, P.E. and Johnson, L.K. 1994. Sex affects manganese absorption and retention by humans from a diet adequate in manganese. *Am. J. Clin. Nutr.* 60:949-955.
13. Inskip, M.J. and Piotrowski, J.K. 1985. Review of the health effects of methyl mercury. *J. Appl. Toxicology* 5:113-133.
14. Johnson, P.E. and Lykken, G.I. 1991. Manganese and calcium absorption and balance in young women fed diets with varying amounts of manganese and calcium. *J. Trace Elem. Exp. Med.* 4:19-35.
15. Johnson, P.E., Lykken, G.I. and Korynta, E.D. 1991. Absorption and biological half-life in humans of intrinsic and extrinsic ⁵⁴Mn tracers from foods of plant origin. *J. Nutr.* 121, 711-717.
16. Lassiter, J.W., Morton, J.D., and Miller, W.J. 1970. Influence of manganese on skeletal development in the sheep and rat. In: *Trace Element Metabolism in Animals*. ed. C.F. Mills, pp. 130-132. Edinburgh: Livingstone.
17. Lee, D.Y., Johnson, P.E. 1988. Factors affecting absorption and excretion of ⁵⁴Mn in rats. *J. Nutr.* 118(12):1509-1516.
18. Mohadevan, U., Kane, S. **Рекомендации института Американской гастроэнтерологической ассоциации по медикаментозному лечению заболеваний желудочно-кишечного тракта у беременных**// *Клин. Гастроэнтерол. и гепатол.*-2008.-Т.6.-С.426-431.
19. Oberleas, D., and Moody, N. 1981. In vitro interaction of phytate with trace elements. In: *Trace Element Metabolism in Man and Animals-4*, ed. J. McHowell, J.M. Gawthorne, C.L. White pp. 129-131. Canberra: Australian Academy of Science.
20. Smith, R.M. 1987. Cobalt. In: *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, ed. Walter Mertz, Vol. 1, pp. 143-183. New York: Academic Press, Inc.
21. Underwood, E.J. 1977. Iodine. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, 4th Ed., pp. 271-301. New York: Academic Press.
22. Wapnir, R.N. 1990. Protein nutrition and mineral absorption. CRC Press, Boca Raton.
23. Wedekind, K.J., Titgemeyer, E.C., Twardock, A.R. and Baker, D.H. 1991. Phosphorus but not calcium, affects manganese absorption and turnover in chicks. *J. Nutr.* 121:1776-1786.
24. Wilson, T.H. and Wiseman, G. 1954. The use of sacs of everted small intestine for the study of the transference of substances from the mucosal to the serosal surface. *J. Physiol. (London)* 123(1):116-125.

Сведения об авторах:

Борисюк Светлана Владимировна, аспирант кафедры биохимии и микробиологии
Оренбургского государственного университета, e-mail: svborisyuk@mail.ru

Нотова Светлана Викторовна, профессор кафедры биохимии и микробиологии Оренбургского
государственного университета, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: snotova@mail.ru

Кван Ольга Вилориевна, научный сотрудник института биоэлементологии Оренбургского государственного
университета, кандидат биологических наук, e-mail: kwan111@yandex.ru

Русакова Елена Анатольевна, научный сотрудник института биоэлементологии Оренбургского
государственного университета, кандидат биологических наук, e-mail: elenka_rs@mail.ru
460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, тел.: (3532) 372482