

13. Wang B., Zhang Y., Cao W., et al. SIRT2 plays inflammation and brain injury in mice // *Neurochem Res.* – 2016. – Vol. 41 (9). – P. 2490-2500.

Координаты для связи с авторами: Рыжовский Борис Яковлевич – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой гистологии, эмбриологии и цитологии ДВГМУ, тел. 8-(4212)-76-13-96, e-mail: nauka@mail.fesmu.ru; Лебедько Ольга Антоновна – д-р мед. наук, директор Хабаровского филиала ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД, тел. 8-(4212)-98-05-91, e-mail: leoaf@mail.ru; Лазинская Ольга Владимировна – старший преподаватель кафедры биологии и генетики ДВГМУ; Соколова Таисия Владимировна – доцент кафедры гистологии, эмбриологии и цитологии ДВГМУ; Кузнецова Мария Станиславовна – аспирант Хабаровского филиала ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД, тел. 8-(4212)-98-05-91, e-mail: iomid@yandex.ru.



УДК 616-008.9:611.018.54:612.123+612.39:633.34]599.323.4

Н.А. Феоктистова, М.А. Штарберг, Е.А. Бородин

ЛИПИДЫ КРОВИ, ПЕЧЕНИ И ГОЛОВНОГО МОЗГА И ИХ ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ У КРЫС, ПОЛУЧАВШИХ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНИ РАЦИОН, ОБОГАЩЕННЫЙ СОЕЙ

*Амурская государственная медицинская академия,
675000, ул. Горького, 95, тел. 8-(4162)-31-90-07, г. Благовещенск*

Резюме

В работе представлены результаты исследования влияния длительного применения рациона, обогащенного соей, на биохимические показатели плазмы крови, содержание липидов и продуктов их окислительной модификации в эритроцитах, печени и мозге, а также жирнокислотный состав липидов мозга самцов и самок беспородных лабораторных белых крыс. Прием сои не оказал существенного влияния на определяемые показатели в плазме крови и эритроцитах и сопровождался увеличением содержания фосфолипидов, витамина Е и снижением содержания окислительно модифицированных липидов в печени по отношению к животным контрольной группы, причем изменения были выражены в большей степени у самок. Липиды мозга животных, получавших сою, были менее окислены и в них уменьшалось содержание насыщенных пальмитиновой и стеариновой кислоты и возрастало содержание ненасыщенных олеиновой, линолеиновой и эйкозеновой кислот.

Ключевые слова: соя, крысы, липиды.

N.A. Feoktistova, M.A. Shtarberg, E.A. Borodin

LIPIDS OF BLOOD, LIVER AND BRAIN AND THEIR OXIDATIVE MODIFICATION IN RATS HAVING RECEIVED A LIFELONG DIET SUPPLEMENTED WITH SOYA

Amur State Medical Academy, Blagoveshchensk

Summary

The paper presents the results of the study of the effect of long-term use of a diet enriched with soya on the biochemical indexes of blood plasma, the content of lipids and products of their oxidative modification in erythrocytes, liver and brain, as well as the fatty acid composition of the brain lipids of male and female laboratory white rats. Soy intake had no significant effect on the measured indexes in blood plasma and erythrocytes and was accompanied by the increase of the content of phospholipids, vitamin E, and the decrease of the content of oxidized lipids in the liver, the changes being more pronounced in females. The brain lipids of soy-fed animals were less oxidized and the content of saturated palmitic and stearic acid decreased and the content of unsaturated oleic, linoleic and eicosenic acids increased compared to the animals of the control group.

Key words: soy, rats, lipids.

Нервная ткань исключительно богата липидами [18]. Неудивительно, что в функционировании головного мозга в различные этапы онтогенеза и особенно в период старения важная роль отводится изменениям липидов [2] и особенно их окислительной модификации [3, 4]. Растительные масла являются основным ис-

точников ненасыщенных липидов и жирорастворимых антиоксидантов для организма животных и человека [11]. Самое распространенное растительное масло – соевое, на него приходится половина от всех производимых в мире растительных масел [19]. В литературе обсуждается способность продуктов из сои снижать

содержание холестерина в крови [20] и предотвращать снижение когнитивной функции у женщин в постменопаузальном периоде [13, 15]. В опытах на лабораторных животных [1] и клинических исследованиях [7] нами были продемонстрированы антиоксидантный [1, 8] и гиполипидемический эффекты [7] от приема соевых продуктов. В настоящей работе приводятся

результаты исследования влияния длительного приема сои на содержание некоторых липидов и продуктов их окислительной модификации в крови, печени и головном мозге крыс и делается попытка использовать их для объяснения установленной нами способности сои предотвращать снижение когнитивных способностей крыс в зрелом возрасте [6].

Материалы и методы

Исследование выполнено на белых беспородных лабораторных крысах (18 самцах и 24 самках), разведенных в виварии Амурской ГМА и содержащихся в стандартных условиях. Животные контрольной группы получали стандартный корм, включавший зеленую массу, крупы, растительное масло, животные жиры, мясо, рыбу. Животные опытной группы получали три дня в неделю стандартный корм, а четыре дня проваренную сою. Количество сои рассчитывали с учетом веса животных, среднесуточной нормы потребления белка и содержания белка в сое. Питание обеих групп животных было сбалансированным по белку. Подробная характеристика условий содержания и питания крыс описаны ранее [6]. Исследование проведено в соответствии с «Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985 г.). Животных выводили из эксперимента в возрасте 15 месяцев. Собирали кровь с использованием в качестве антикоагулянта гепарина, печень перфузировали физиологическим раствором. Материалом для биохимических исследований явились плазма крови, эритроцитарная масса, ткань печени и мозга. Биохимические показатели плазмы крови определяли с помощью стандартных на-

боров реактивов на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Stat Fax 1904+. Из эритроцитарной массы, образцов печени и мозга крыс экстрагировали липиды по методу Фолча [12]. В липидных экстрактах определяли содержание общих липидов, холестерина, фосфолипидов, диеновых конъюгатов и гидроперекисей [1]. УФ-спектры поглощения липидных экстрактов регистрировали на спектрофотометре UNICO 2804 [9]. Жирнокислотный состав липидов мозга в объединенных экстрактах контрольной и опытной групп крыс исследовали методом газо-жидкостной хроматографии метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) на газо-жидкостном хроматографе Кристалл 2000М, колонка DB-23, газ носитель – азот чистоты 0,9999. Подбирался оптимальный для выхода метиловых эфиров режим прогрева колонки. Количественные и временные параметры выхода МЭЖК сопоставляли с калибровочными данными по эталону МЭЖК 37 Suspelco test mix (USA). Анализ хроматограмм проводили с применением программы Chromatec Analytic 2,5 [5].

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0, используя двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями (непарный критерий Стьюдента).

Результаты и обсуждение

Скармливание крысам на протяжении всей жизни больших количеств сои не отразилось на показателях, зависящих от характера питания, и животные обоих полов, получавшие обогащенный соей рацион, не имели различий в содержании общего белка, глюкозы, холестерина, триглицеридов и активности аланинаминотрансферазы (АлАТ) в плазме крови с животными контрольной группы (табл. 1).

опытной и контрольной группы состояли в умеренном увеличении содержания холестерина на 28 % и снижения содержания диеновых конъюгатов также на 28 % в эритроцитах самцов, получавших сою.

Таблица 2

Содержание общих липидов, витамина Е и продуктов ПОЛ в эритроцитах в контрольной и опытной группах крыс (M±m)

Показатель	Самцы (контроль) (n=5)	Самцы (опыт) (n=7)	Самки (контроль) (n=12)	Самки (опыт) (n=12)
Общие липиды (мг/мл)	4,21±0,15	4,39±0,31	4,48±0,30	4,42±0,27
Холестерин (мг/мл)	1,10±0,12	1,41±0,06** P _{1,2} =0,058	1,14±0,08	1,23±0,07
Фосфолипиды (мг/мл)	3,09±0,13	2,93±0,13	2,94±0,15	3,11±0,14
Витамин Е (мкг/мл)	30,6±1,30	28,7±1,42	33,4±2,56	28,8±2,75
ОП _{278nm} /0,1 мл экстракта*	0,036±0,004	0,033±0,004	0,029±0,003	0,033±0,003
Диеновые конъюгаты (нмоль/мл)	50,5±0,46	36,6±2,56** P _{1,2} =0,003	44,3±2,99	44,3±4,33
Гидроперекиси липидов (нмоль/мл)	4,82±1,41	3,57±1,00 P _{1,2} =0,549	7,57±0,98	6,32±1,50

Примечание. * – содержание конъюгированных триенов и кето-диенов выражено в единицах оптической плотности. P_{1,2} – достоверность различий между значениями показателя в контрольной и опытной группах животных; ** – различия достоверны.

Таблица 1
Биохимические показатели плазмы крови в контрольной и опытной группах крыс (M±m)

Показатель	Самцы (контроль) (n=5)	Самцы (опыт) (n=7)	Самки (контроль) (n=12)	Самки (опыт) (n=12)
Общий белок (г/л)	71,6±3,5	70,6±2,8	72,6±2,2	70,9±3,2
Глюкоза (ммоль/л)	7,78±0,41	6,77±0,71	8,17±0,45	7,95±0,51
Триглицериды (ммоль/л)	0,56±0,02	0,48±0,06	0,61±0,06	0,54±0,03
Холестерин (ммоль/л)	0,90±0,09	0,78±0,06	1,00±0,05	0,89±0,06
АлАТ (Е/л)	74,4±9,1	56,2±12,0	72,7±4,3	70,1±5,2

Не выявлено различий в содержании общих липидов, холестерина, фосфолипидов и витамина Е в эритроцитах в зависимости от пола животных (табл. 2). Единственные изменения в липидном составе и степени окисленности липидов эритроцитов животных

В группе животных, получавших сою, установлено выраженное увеличение содержания витамина Е в печени, как у самок, так и у самцов в 1,3-1,5 раза, соответственно (табл. 3), что вполне понятно с учетом высокого содержания этого антиоксиданта в использованной сое, составляющего 380 мкг/г сырого веса [8]. Другие изменения в липидном составе и степени окисленности липидов печени у животных, находившихся на соевом рационе, зависели от пола. В частности, статистически значимое увеличение содержания фосфолипидов на 18 % и антиоксидантный эффект, проявляющийся в уменьшении содержания диеновых конъюгатов (на 25 % в расчете на фосфолипиды), конъюгированных триенов и кетодиенов (ОП_{278нм}) (на 37 %) у животных, получавших сою, были характерны только для самок (табл. 3). Содержание гидроперекисей липидов у самок контрольной и опытной групп крыс составило 2,81±0,4 и 1,88±0,21 нмоль/мг ФЛ, соответственно, но вследствие большого разброса величин в контрольной группе, различия не достигали статистической достоверности. Причина зависимости антиоксидантного эффекта сои от пола может быть связана с большей окисленностью липидов печени у самок контрольной группы животных в зрелом возрасте в сравнении с самцами, о чем свидетельствовало большее содержание конъюгированных триенов и кетодиенов (на 40 %) и гидроперекисей липидов (в 1,5 раза в расчете на сырой вес печени и в 2 раза в расчете на фосфолипиды) в печени самок по отношению к самцам (табл. 3).

Таблица 3

Содержание липидов, витамина Е и продуктов ПОЛ в печени в контрольной и опытной группах крыс

Показатель	Самцы (контроль) (n=5)	Самцы (опыт) (n=5)	Самки (контроль) (n=12)	Самки (опыт) (n=7)
Общие липиды (мг/г)	51,3±5,58	51,8±1,95	47,7±1,56	50,4±2,45
Холестерин (мг/г)	4,55±0,16	4,93±0,11	4,71±0,30	4,92±0,27
Фосфолипиды (мг/г)	18,1±1,37	21,3±0,94 P _{1,2} =0,091	16,3±0,84	20,2±0,88** P _{3,4} =0,003
Витамин Е (мкг/г)	89,8±2,75	139±17,1	93,1±3,00	120±10,5** P _{3,4} =0,031
ОП _{278нм} /0,1 мл экстракта*	0,288±0,026	0,233±0,014 P _{1,2} =0,108	0,403±0,029 P _{1,3} =0,011	0,256±0,015** P _{3,4} =0,0003
Диеновые конъюгаты (нмоль/г)	231±24	269±20 P _{1,2} =0,259	243±17	223±16
Диеновые конъюгаты (нмоль/мг ФЛ)	11,9±1,54	12,8±1,16	15,1±1,14 P _{1,3} =0,121	11,3±0,97** P _{3,4} =0,018
Гидроперекиси липидов (нмоль/г)	24,7±3,6	41,8±5,8 P _{1,2} =0,575	38,1±3,42** P _{1,3} =0,020	34,3±1,96
Гидроперекиси липидов (нмоль/мг ФЛ)	1,40±0,23	1,49±0,27	2,81±0,4** P _{1,3} =0,020	1,88±0,21 P _{3,4} =0,099

Примечание. * – содержание конъюгированных триенов и кетодиенов выражено в единицах оптической плотности. P_{1,2} и P_{3,4} – достоверность различий между значениями показателя в контрольной и опытной группах животных; P_{1,3} – достоверность различий между значениями показателя у самцов и самок в контрольной группе животных. ** – различия достоверны.

Результаты исследования жирнокислотного состава липидов мозга свидетельствуют об уменьшении содержания насыщенных пальмитиновой и стеариновой кислот и увеличении содержания ненасыщенных олеиновой, линолеаидиновой и эйкозеновой кислот у животных опытной группы (табл. 4), что можно связать с высоким содержанием непредельных жирных кислот в соевом масле [14]. В функционировании головного мозга важная роль отводится линолевой кислоте, и несмотря на незначительное ее содержание в липидах нервной ткани [17], линолеовую кислоту рассматривают в качестве нейромедиатора [10]. С учетом исключительно высокого содержания линолевой кислоты в соевом масле (51-57 % от всех жирных кислот) [14] можно было предполагать, что скормление животным на протяжении жизни сои приведет к увеличению содержания линолевой кислоты в нейролипиде, но этого не произошло, и линолевая кислота осталась минорным компонентом в липидах головного мозга животных, получавших сою. Поэтому оценивать влияние соевой диеты на жирнокислотный состав липидов мозга по изменениям в содержании линолевой кислоты от 0,6 до 1,1 % вряд ли целесообразно. Определенный интерес представляет более высокое содержание в липидах головного мозга самцов, питавшихся соей, арахидоновой (20:4) и докозгексаеновой (22:6) кислот – предшественников биологически активных липидов. У самок этого не отмечается. Содержание арахидоновой кислоты у самцов контрольной группы выше чем у самок на 14 %, а докозгексаеновой на 42 %.

Таблица 4

Жирнокислотный состав липидов мозга в контрольной и опытной группах крыс

Жирные кислоты	Самцы (контроль)	Самцы (соя)	Самки (контроль)	Самки (соя)
	S,%	S,%	S,%	S,%
Миристиновая 14:0	0,22	0,16	0,22	-
Пальмитиновая 16:0	27,57	21,71	27,75	25,01
Пальмитолеиновая 16:1	0,55	0,59	0,48	0,44
Гептадекановая 17:0	0,24	0,20	0,25	0,32
Стеариновая 18:0	24,92	20,05	24,01	23,09
Олеиновая 18:1, n=9	17,17	20,88	21,32	23,13
Линолеаидиновая 18:2	4,12	6,1	5,34	5,61
Линолевая 18:2, n=6	0,57	1,103	0,63	1,12
Арахидиновая 20:0	0,19	0,29	0,20	-
эйкозеновая 20:1	1,05	2,24	1,49	2,45
эйкозодиеновая C20:2	0,15	0,18	0,20	-
эйкозотриеновая C20:3, n=6	0,18	0,23	0,22	-
Арахидиновая C20:4, n=6	9,50	10,32	8,36	7,67
Бехенивая C22:0	0,13	0,19	-	-
Эруковая C22:1, n=9	-	0,20	0,23	0,29
Докозидиеновая 22:2	-	0,15	-	-
Докозгексаеновая 22:6, n=3	9,83	10,46	6,92	6,73

Аналізу подвергнуты объединенные липидные экстракты групп животных. Содержание индивидуальных жирных кислот рассчитано автоматически и выражено в % как отношение площади пика жирной кислоты к сумме площадей всех зарегистрированных пиков

На рисунке представлены УФ-спектры поглощения липидных экстрактов мозга, а в таблице 5 индексы, характеризующие степень окисленности липидов мозга самцов и самок контрольной и опытной групп животных. Вне зависимости от пола содержание окисленных форм липидов в мозге животных, получавших обогащенную соей диету, ниже чем у контрольных.

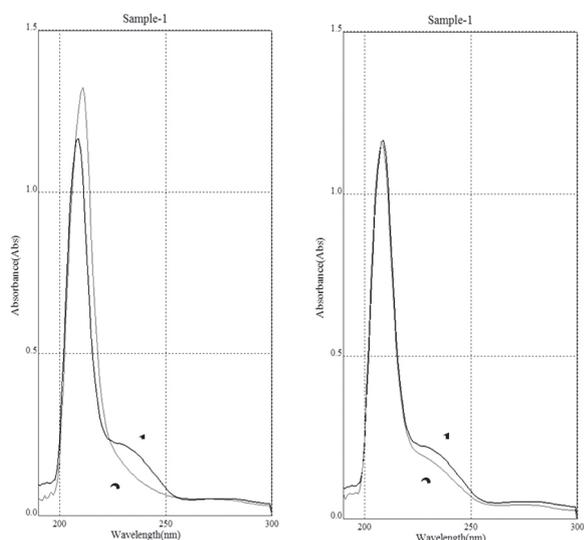


Рис. УФ-спектры поглощения объединенных липидных экстрактов мозга в контрольной (1) и опытной (2) группах крыс. Слева самцы, справа – самки.

Показатели окисленности липидов мозга крыс

Показатель	Самцы (контроль)	Самцы (опыт)	Самки (контроль)	Самки (опыт)
ОП _{208nm}	1,200	1,185	1,160	1,158
ОП _{233nm}	1,195	1,137	0,212	0,169
ОП _{278nm}	0,056	0,048	0,052	0,041
ОП _{233nm} /ОП _{208nm}	0,162	0,116	0,183	0,146
ОП _{278nm} /ОП _{208nm}	0,047	0,040	0,045	0,035

Примечание. ОП_{208nm} – пик поглощения неокисленного липида; ОП_{233nm} – пик поглощения диеновых конъюгатов; ОП_{278nm} – пик поглощения конъюгированных триенов и кетодиенов; ОП_{233nm}/ОП_{208nm} и ОП_{278nm}/ОП_{208nm} – относительные показатели. Показатели рассчитаны автоматически из УФ-спектров поглощения объединенных липидных экстрактов групп животных.

В целом, полученные нами результаты свидетельствуют, что обогащенный соей рацион оказал влияние на состав липидов и их окислительную модификацию в печени и головном мозге животных вследствие поступления в организм значительных количеств ненасыщенных липидов и жирорастворимых антиоксидантов. С учетом важной роли липидов в функционировании головного мозга [2-4] результаты настоящего исследования согласуются с положительным влиянием сои на когнитивные способности крыс в зрелом возрасте [6]. Другой причиной, без сомнения, является эффект от содержащихся в сое в значительных количествах изофлавоноидов [16], но сложность определения их следовых количеств в тканях животных, не позволяет нам сегодня обсуждать этот механизм.

Выводы

1. Скармливание сои белым крысам на протяжении жизни не оказывает существенного влияния на липиды крови и сопровождается увеличением содержания фосфолипидов, витамина Е и снижением содержания окисленных форм липидов в печени самок.
2. Липиды мозга животных, получавших сою, менее окислены, в них уменьшается содержание на-

сыщенных пальмитиновой и стеариновой кислоты и возрастает содержание ненасыщенных олеиновой, линолеиновой и эйкозеновой кислот.

3. Полученные результаты согласуются со способностью сои улучшать когнитивные способности крыс в зрелом возрасте.

Литература

1. Бородин Е.А., Доровских В.А., Аксенова Т.В., Штарберг М.А. Липидный состав и антиокислительные свойства соевого молока в условиях *in vitro* и *in vivo* // Дальневосточный медицинский журнал. – 2001. – № 4. – С. 26-30
2. Еременко И.Р., Васильева Е.В., Рыжавский Б.Я., Литвинцева Е.М. Содержание липидов в коре больших полушарий мозга и мозжечка у крыс в молочном и пубертатном периоде в норме и при экспериментальном увеличении массы мозга // Дальневосточный медицинский журнал. – 2010. – № 4. – С. 109-111.
3. Задворная О.В., Лебедев О.А., Рыжавский Б.Я. Влияние введения сустанона-250 самцам и самкам крыс в пубертатном периоде на показатели их развития и свободнорадикальное окисление в коре головного мозга // Дальневосточный медицинский журнал. – 2010. – № 2. – С. 108-111.
4. Лебедев О.А., Рыжавский Б.Я., Задворная О.В. Свободнорадикальный статус неокортекса белых крыс и его модификация производными тестостерона // Дальневосточный медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С. 95-99.
5. Тиханов В.И., Шабанов П.Д. Фармакологический анализ изменения содержания диеновой конъюгации, метиловых эфиров жирных кислот фракций липидов печени холинотропными средствами на фоне переохлаждения крыс // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2017. – Т. 15, № 1. – С. 33-40.
6. Феоктистова Н.А., Григорьев Н.Р., Бородин Е.А. Влияние рациона с преобладанием сои на когнитивные способности крыс // Дальневосточный медицинский журнал. – 2017. – № 1. – С. 70-74.
7. Borodin E.A., Menshikova I.G., Dorovskikh V.A. et al. Effects of soy protein isolate and casein on blood lipids and glucose in Russian adults with moderate hyperlipidemia // J. Nutr. Sci. Vit. – 2009. – Т. 50, № 6. – P. 492-497.
8. Borodin E.A., Menshikova I.G., Dorovskikh V.A., et al. Antioxidant and Hypocholesterolemic Effects of Soy Foods and Cardiovascular Disease // Soybean and Health (Ed. by Hany A. El-Shemy). In-Tech, Croatia, 2011. – P. 407-424.
9. Borodin E.A., Shtarberg M.A., Prikhodko A.G., et al. Modified noninvasive method of study of the oxidation

of lipids of airways // *Der Pharma Chemica*. – 2015. – T. 7, № 11. – P. 186-192.

10. Cocchi M., Minuto C., Tonello L., et al. Linoleic acid: Is this the key that unlocks the quantum brain? Insights linking broken symmetries in molecular biology, mood disorders and personalistic emergentism // *BMC Neurosci*. – 2017, № 18. – P. 38.

11. Fedeli E., Jacini G. Lipid composition of vegetable oils // *Adv Lipid Res*. – 1971. – № 9. – P. 335-82.

12. Folch J., Lees M., Sloan Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues // *J Biol Chem*. – 1957. – № 226 (1). – P. 497-509.

13. Fournier L.R., Ryan Borchers T.A., Robison L.M., et al. The effects of soy milk and isoflavone supplements on cognitive performance in healthy postmenopausal women // *J. Nutr Health Aging*. – 2007. – № 11 (2). – P. 155-164.

14. Ivanov D., Levic J.D., Sredanovic S.A. Fatty acid composition of various soybean products // *Food and Feed Research*. – 2010. – № 2. – P. 65-70.

15. Katayama S., Imai R., Sugiyama H., et al. Oral administration of soy peptides suppresses cognitive decline by induction of neurotrophic factors in SAMP8 maice. – <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24678753> // *J Agric Food Chem*. – 2014. – Apr 23; № 62 (16). – P. 3563-3569.

16. Kaufman P.B., Duke J.A., Brielmann H., et al. A comparative survey of leguminous plants as sources of the isoflavones, genistein and daidzein: implications for human nutrition and health // *J Altern Complement Med*. – 1997. – № 3 (1). – P. 7-12.

17. Martinez M., Mougan I. Fatty Acid Composition of Human Brain Phospholipids During Normal Development // *J. Neurochem*. – 1998. – № 71. – P. 2528-2533.

18. Sastry P.S. Lipids of nervous tissue: composition and metabolism // *Prog Lipid Res*. – 1985. – № 24 (2). – P. 69-176.

19. United States Department of Agriculture // *Agricultural Statistics*. – 2004. – Table 3-51.

20. Zhan S., Ho S.C. Meta-analysis of the effects of soy protein containing isoflavones on the lipid profile // *Am J Clin Nutr*. – 2005. – № 81. – P. 397-408.

Literature

1. Borodin E.A., Dorovskikh V.A., Aksenova T.V., Shtarberg M.A. Lipid composition and antioxidant properties of soy milk in vitro and in vivo // *Far Eastern Medical Journal*. – 2001. – № 4. – P. 26-30.

2. Eremenko I.R., Vasilyeva E.V., Ryzhavsikii B.Ya., Litvintseva E.M. Concentration of lipids in brain hemispheres and cerebellum in rats in milk and pre-pubertal periods in normal state and after experimental increase in brain weight // *Far Eastern Medical Journal*. – 2010. – № 4. – P. 109-111.

3. Zadvornaya O.V., Lebedko O.A., Ryzhavsikii B.Ya. Effect of sustanon-250 administration to male and female rats in pre-puberty period of ontogenesis on indicators of their development and free radical oxygen in brain cortex // *Far Eastern Medical Journal*. – 2010. – № 2. – P. 108-111.

4. Lebedko O.A., Ryzhavsikii B.Ya., Zadvornaya O.V. Free radical status of neocortex of albino rats and its modification by exogenous testosterone's derivatives // *Far Eastern Medical Journal*. – 2011. – № 4. – P. 95-99.

5. Tikhanov V.I., Shabanov P.D. Pharmacological analysis of changes in the content of diene conjugation, methyl esters of fatty acids of liver lipid fractions by cholinotropic agents during the overcooling of rats // *Reviews on clinical pharmacology and drug therapy*. – 2017. – Vol. 15, № 1. – P. 33-40.

6. Feoktistova N.A., Grygoriev N.R., Borodin E.A. The influence of the soybean enriched diet on the cognitive function of rats // *Far Eastern Medical Journal*. – 2017. – № 1. – P. 70-74.

7. Borodin E.A., Menshikova I.G., Dorovskikh V.A., et al. Effects of soy protein isolate and casein on blood lipids and glucose in Russian adults with moderate hyperlipidemia // *J. Nutr. Sci. Vit*. – 2009. – № 50, Vol. 6. – P. 492-497.

8. Borodin E.A., Menshikova I.G., Dorovskikh V.A., et al. Antioxidant and hypocholesterolemic effects of soy

foods and cardiovascular disease // *Soybean and Health*. (Ed. by Hany A. El-Shemy). In-Tech, Croatia. – 2011. – P. 407-424.

9. Borodin E.A., Shtarberg M.A., Prikhodko A.G., et al. Modified noninvasive method of study of the oxidation of lipids of airways // *Der Pharma Chemica*. – 2015. – № 7, Vol. 11. – P. 186-192.

10. Cocchi M., Minuto C., Tonello L., et al. Linoleic acid: Is this the key that unlocks the quantum brain? Insights linking broken symmetries in molecular biology, mood disorders and personalistic emergentism // *BMC Neurosci*. – 2017. – № 18. – P. 38.

11. Fedeli E., Jacini G. Lipid composition of vegetable oils // *Adv Lipid Res*. – 1971. – № 9. – P. 335-382.

12. Folch J., Lees M., Sloan Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues // *J Biol Chem*. – 1957. – № 226 (1). – P. 497-509.

13. Fournier L.R., Ryan Borchers T.A., Robison L.M., et al. The effects of soy milk and isoflavone supplements on cognitive performance in healthy postmenopausal women // *J. Nutr Health Aging*. – 2007. – № 11 (2). – P. 155-64.

14. Ivanov D., Levic J.D., Sredanovic S.A. Fatty acid composition of various soybean products // *Food and Feed Research*. – 2010. – № 2. – P. 65-70.

15. Katayama S., Imai R., Sugiyama H., et al. Oral administration of soy peptides suppresses cognitive decline by induction of neurotrophic factors in SAMP8 maice <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24678753> // *J Agric Food Chem*. – 2014. – Apr 23. – № 62 (16). – P. 3563-3569.

16. Kaufman P.B., Duke J.A., Brielmann H., et al. A comparative survey of leguminous plants as sources of the isoflavones, genistein and daidzein: implications for human nutrition and health // *J Altern Complement Med*. – 1997. – № 3 (1). – P. 7-12.

17. Martinez M., Mougan I. Fatty Acid Composition of Human Brain Phospholipids During Normal Development // J. Neurochem. – 1998. – № 71. – P. 2528-2533.

18. Sastry P.S. Lipids of nervous tissue: composition and metabolism // Prog Lipid Res. – 1985. – № 24 (2). – P. 69-176.

19. United States Department of Agriculture // Agricultural Statistics. – 2004. Table 3-51.

20. Zhan S., Ho S.C. Meta-analysis of the effects of soy protein containing isoflavones on the lipid profile // Am J Clin Nutr. – 2005. – № 81. – P. 397-408.

Координаты для связи с авторами: Феоктисова Наталья Алексеевна – ассистент кафедры химии АГМА; Штарберг Михаил Анатольевич – канд. мед. наук, старший научный сотрудник ЦНИЛ АГМА; Бородин Евгений Александрович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой химии АГМА.



УДК 616-036.882-08:615.2:616.36:613.632]599.323.4

П.П. Золин, В.Д. Конвай

ВЛИЯНИЕ РИБОЗЫ НА УРОВНИ МОНОНУКЛЕОТИДОВ В ПЕЧЕНИ В РАННЕМ ПОСТРЕАНИМАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

Омский государственный медицинский университет, 644099, ул. Ленина, 12, e-mail: bx-osma@mail.ru, г. Омск

Резюме

Эксперименты выполнены на крысах-самцах, которых подвергали 6,5-минутной асфиксии с последующей реанимацией. Через 30 мин. после реанимации под эфирным наркозом прижизненно фиксировали печень крыс в жидком азоте. Контрольных животных подвергали тем же манипуляциям, за исключением асфиксии и реанимации. Цифровые данные обработаны статистически с использованием критерия Вилкоксона-Манна-Уитни. В печени реанимированных крыс усиливается катаболизм свободных нуклеотидов, о чем свидетельствуют их сниженные уровни: по сравнению с контрольной группой снижалась концентрация нуклеозидди- и трифосфатов ($p < 0,01$) и концентрация нуклеозидмонофосфатов ($p < 0,05$). Внутривенное введение D-(–)-рибозы (50 мг · кг⁻¹ массы тела) сразу после реанимации оказывало благоприятный эффект на концентрации в печени нуклеозидди- и трифосфатов, а также нуклеозидмонофосфатов. Авторы полагают, что это связано с фосфорилированием рибозы в рибозо-5-фосфат, от которого зависит образование фосфорилирибозиддифосфата. Последний обеспечивает реутилизацию азотистых оснований и синтез нуклеотидов de novo.

Ключевые слова: рибоза, нуклеозидтрифосфаты, нуклеозиддифосфаты, нуклеозидмонофосфаты, урат, реанимация, печень.

P.P. Zolin, V.D. Conway

RIBOSE INCREASES LEVELS OF THE LIVER MONONUCLEOTIDES, DECREASED IN THE POSTRESUSCITATION PERIOD

Omsk State Medical University, Omsk

Summary

Experiments were carried out on male rats exposed to 6,5 min asphyxia followed by resuscitation. Rats were narcotized with ether in 30 min after resuscitation, and the livers were placed in liquid nitrogen ex vivo. The control animals were subjected to the same procedures except for asphyxia and resuscitation. The digital data were processed statistically using the Wilcoxon-Mann-Whitney test. Catabolism of the free nucleotides in the liver of resuscitated rats increased, confirmed by reduced contents of these mononucleotides: the concentration of nucleoside di- and triphosphates decreased ($P < 0,01$) and the concentration of nucleoside monophosphates also decreased ($P < 0,05$) as compared with the control group. D-(–)-ribose intravenous injection (50 mg · kg⁻¹ of body weight) just after the resuscitation had a beneficial effect on nucleoside di- and triphosphates concentration and nucleoside monophosphates concentration in liver. The authors assume it is associated with the ribose phosphorylation and the 5-phosphoribose-derived phosphoribosyl diphosphate formation. The latter provides the inclusion of nucleobases in salvage pathway and the nucleotides synthesis de novo.

Key words: ribose, nucleoside triphosphates, nucleoside diphosphates, nucleoside monophosphates, urate, resuscitation, liver.