

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У БЕЛЫХ КРЫС РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА ПРИ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ ВВЕДЕНИИ ЭКСТРАКТА ГАРЦИНИИ КАМБОДЖИЙСКОЙ НА ФОНЕ ИЗБЫТОЧНОГО УПОТРЕБЛЕНИЯ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА

© Гайворонская Ю.В.¹, Лузин В.И.¹, Морозов В.Н.², Морозова Е.Н.²

¹ Кафедра анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии
Луганского государственного медицинского университета имени Святого Луки, Луганск;
² кафедра анатомии и гистологии человека
Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород
E-mail: vitaliyy-morozov@rambler.ru

В эксперименте на 216 белых крысах-самцах (неполовозрелых, половозрелых и старческого возраста) установили, что избыточное содержание рафинированного пальмового масла в рационе (30 г/кг/сутки) сопровождается увеличением содержания глюкозы и лактата в сыворотке крови, а также снижением содержания гликогена в гомогенате ткани печени, степень выраженности которых нарастает по мере увеличения длительности эксперимента и зависит от возраста крыс. У крыс старческого возраста и половозрелых животных выявленные изменения развиваются медленнее, чем у неполовозрелых животных, но прогрессируют быстрее. Внутрижелудочное введение экстракта гарцинии камбоджийской (0,25 мг/кг/сутки) сопровождается снижением содержания глюкозы и лактата в сыворотке крови, а также увеличением содержания гликогена в гомогенате ткани печени в сравнении с группой без коррекции. Наиболее эффективно применение экстракта гарцинии камбоджийской у половозрелых крыс.

Ключевые слова: крысы, ожирение, пальмовое масло, экстракт гарцинии камбоджийской, углеводный обмен.

DYNAMICS OF CARBOHYDRATE METABOLISM PARAMETERS IN WHITE RATS OF DIFFERENT AGES IN INTRAGASTRIC ADMINISTRATION OF GARCINIA CAMBOGIA UNDER EXCESSIVE CONSUMPTION OF PALM OIL

Gaivoronskaya Yu.V.¹, Luzin V.I.¹, Morozov V.N.², Morozova E.N.²

¹ Department of Anatomy, Operative Surgery and Topographic Anatomy
of St. Luke State Medical University of Lugansk, Lugansk;

² Department of Human Anatomy and Histology of Belgorod State National Research University, Belgorod

It was established in an experiment on 216 white male rats of 3 age groups (immature, mature and elderly) that excessive consumption of refined palm oil (30 g/kg/day) is accompanied by an increase in the content of glucose and lactate in blood serum, as well as a decrease in the content of glycogen in the homogenate of liver tissue. The severity of changes depended on the duration of the experiment and the rats' age. In mature and elderly rats, these changes developed more slowly as compared to immature rats, but progress more rapidly. The intragastric administration of Garcinia Cambogia extract (0.25 mg/kg/day) increases the glucose and lactate content in blood serum and decreases glycogen content in the homogenate of liver tissue, compared with control group. The most effective use of Garcinia Cambogia extract was noted in mature rats.

Keywords: rats, obesity, palm oil, Garcinia Cambogia extract, carbohydrate metabolism.

В настоящее время ожирение является одной из самых важных проблем здравоохранения, а масштабы его распространения носят характер эпидемии. Так, в России более 60% населения имеют избыточную массу тела, а около 26% страдают ожирением [5]. Ожирение встречается у каждого третьего жителя США [25], половина европейцев имеют избыточную массу тела (54,5% мужчин и 40,8% женщин), а у каждого десятого диагностируют ожирение (14,0% мужчин и 11,5% женщин) [11]. Ожирение, с одной стороны, является наследственно детерминированным заболеванием, а с другой – последствием переизбытка и низкой физической активности [24]. Весьма значительную роль в развитии ожирения играет и качественное изменение рациона, в составе которого в последние десятилетия прогрессивно уве-

личивается количество растительных масел, среди которых преобладает пальмовое масло [22].

Метаболические нарушения и заболевания, возникающие при ожирении, объединяются в симптомокомплекс под названием «метаболический синдром», который представляет собой сочетание артериальной гипертензии, абдоминального ожирения, дислипидемии и нарушения толерантности к углеводам [7]. При всем этом метаболический синдром имеет единое патогенетическое основание – наличие инсулинорезистентности, связующего звена между артериальной гипертензией, нарушением липидного и углеводного обменов [9].

Если сведения об экспериментальных исследованиях изменения возрастной динамики показателей липидного обмена при алиментарном

ожирении в доступной литературе освещены достаточно широко [30], то информацию о возрастных особенностях динамики углеводного обмена в этих условиях нам найти не удалось. Также практически не освещен вопрос о доступной форме фармакокоррекции изменений углеводного обмена, возникающих при ожирении.

В связи с этим среди препаратов растительного происхождения особый интерес представляет экстракт гарцинии камбоджийской. В состав плодов гарцинии камбоджийской в качестве основных составляющих входят различные органические кислоты [21], бензофеноны и ксантоны [20]; многочисленные исследования показали, что она может предупреждать ожирение [18], обладает гипополипидемической [13], антидиабетической, противовоспалительной, антиоксидантной [29] активностью. Ее плоды содержат до 65% гидроксимилимонной кислоты, пектин, полифенольные соединения различных классов, бензофеноны, ксантоцимол и изоксантоцимол, камбогин, камбогинол, гарцинол, смолистые вещества.

Цель данного исследования – изучить динамику показателей углеводного обмена у белых крыс-самцов различного возраста при избыточном употреблении в пищу пальмового масла и обосновать возможности коррекции возникающих изменений экстрактом гарцинии камбоджийской (ЭГК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на 216 белых крысах-самцах 3-х возрастных групп – неполовозрелых (с исходной массой тела 50-55 г), половозрелых (180-190 г) и старческого возраста (300-320 г), полученных из вивария ГУ ЛНР «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки». Все животные были распределены на 4 группы: 1-я группа – контрольные животные; 2-я группа – крысы, которым моделировали экспериментальное ожирение путем добавления в рацион рафинированного пальмового масла (ПМ) (ТУ 9141-005-14210053-2005, производитель ООО «Флора Медиа», Россия) из расчета 30 г/кг/сутки в течение 6 недель [1]; 3-я группа – животные, которым со срока, соответствующего 6 неделям от начала введения пальмового масла, начинали внутрижелудочное введение ЭГК (БАД «Экстракт Гарцинии Камбоджийской», содержащий 60% гидроксимилимонной кислоты (Super Citrimax, HCA-600-SXS, Lot № 0503006, поставляемой InterHealth Nutraceuticals, Бенисия, Калифорния, США)) из расчета 0,25 г/кг/сутки; 4-я группа – крысы, которым ЭГК вводили аналогично 3-й группе на фоне продолжающегося при-

ема пальмового масла. Сроки наблюдения составили 7, 21 и 35 суток, после чего животных декапитировали под эфирным наркозом [2].

Для определения показателей углеводного обмена в сыворотке крови (глюкоза, лактат) и в гомогенате ткани печени (гликоген) использовали автоматический биохимический анализатор Cobas Integra 400 plus (Roche, Швейцария) и стандартные наборы реактивов CORMAY LDL DIRECT (Польша) [4].

Полученные цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием лицензионного программного обеспечения Microsoft Office Excel и Statistica 5.11 [6, 8]. Производили построение вариационных рядов цифровых данных, вычисление среднего арифметического отклонения, ошибки средней, коэффициента вариации и величины отклонения показателя от контроля в процентах. Предварительно полученные цифровые данные подвергали анализу на нормальность распределения с использованием критерия Колмогорова-Смирнова [15]. Статистическую достоверность отклонений полученных результатов от соответствующего контроля оценивали с использованием параметрического метода сравнения двух независимых выборок – критерия Стьюдента (в случае нормального распределения). В случае ненормального распределения использовали непараметрический метод сравнения двух независимых выборок – критерий Манна-Уитни. Различия считали достоверными при вероятности ошибки 5% ($p < 0,05$) [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Избыточное содержание ПМ в рационе (30 г/кг/сутки) у подопытных животных сопровождалось нарушением углеводного обмена, выраженность изменений при этом также нарастала по мере увеличения длительности эксперимента и зависела от возраста животных.

У неполовозрелых крыс избыточное содержание ПМ в рационе сопровождалось увеличением содержания глюкозы и молочной кислоты в сыворотке крови во все установленные сроки наблюдения соответственно на 53,80%, 50,83% и 56,11% и на 72,56%, 72,50% и 74,62% (см. табл. 1, рис. 1). Содержание гликогена в гомогенате печени при этом на 7, 21 и 35 сутки наблюдения было меньше значений 1-й группы на 31,64%, 31,65% и 30,59%.

У половозрелых крыс избыточное содержание ПМ в рационе также сопровождалось увеличением содержания глюкозы и лактата в сыворотке крови во все установленные сроки наблюдения соответственно на 54,08%, 55,23% и 62,29% и на

Динамика некоторых показателей углеводного обмена у неполовозрелых животных, получавших ЭГК на фоне употребления пальмового масла (n=6)

Группа	Срок, сутки	Глюкоза сыворотки крови, ммоль/л	Лактат сыворотки крови, ммоль/л	Гликоген гомогената печени, г/кг печени
Контроль	7	3,18±0,06	4,13±0,07	12,68±0,23
	21	3,22±0,06	4,17±0,11	12,64±0,21
	35	3,18±0,07	4,14±0,13	12,61±0,21
ПМ	7	4,89±0,16*	7,13±0,17*	8,67±0,19*
	21	4,86±0,14*	7,19±0,18*	8,64±0,21*
	35	4,96±0,20*	7,24±0,22*	8,76±0,19*
ЭГК	7	3,10±0,08	4,04±0,09	12,90±0,19
	21	3,08±0,09	3,95±0,13	13,01±0,20
	35	3,04±0,08	3,95±0,11	13,30±0,16*
ЭГК + ПМ	7	4,50±0,12*	6,70±0,12*	9,13±0,16*
	21	3,95±0,09*^	4,94±0,09*^	11,20±0,19*^
	35	3,70±0,09*^	4,46±0,13^	12,11±0,21^

Примечание: здесь и далее в таблицах и на рисунках: * – статистически значимые различия с группой контрольных животных (p<0,05); ^ – статистически значимые различия с группой животных, получающих в рационе пальмовое масло (p<0,05).

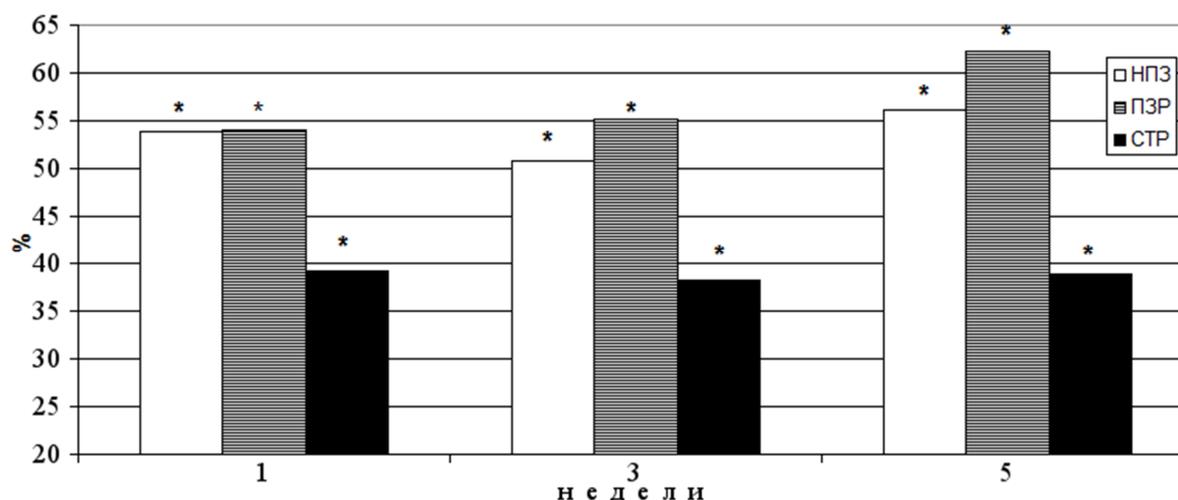


Рис. 1. Динамика изменения содержания глюкозы в сыворотке крови у подопытных животных различного возраста, получавших рацион с избыточным содержанием пальмового масла (в % по отношению к контрольным животным).

Примечание: НПЗ – неполовозрелые крысы; ПЗР – половозрелые крысы; СТР – крысы старческого возраста.

77,02%, 81,44% и 82,10% (см. табл. 2, рис. 1). Содержание гликогена в гомогенате печени при этом на 7, 21 и 35 сутки наблюдения было меньше значений 1-й группы на 41,09%, 38,64% и 36,63%.

Наконец, в период старческих изменений во все сроки наблюдения содержание глюкозы в сыворотке крови было больше значений 1-й группы соответственно на 39,15%, 38,23% и 38,83%, а содержание лактата – на 50,06%, 48,74% и 52,97% (см. табл. 3, рис. 1). При этом содержание гликогена в гомогенате печени на 7, 21 и 35 сутки наблюдения было меньше значений 1-й группы на 36,37%, 35,33% и 34,54%.

Внутрижелудочное введение ЭГК из расчета 0,25 г/кг/сутки массы тела контрольным непо-

лодозрелым животным сопровождалось достоверным нарастающим снижением содержания глюкозы и молочной кислоты в сыворотке крови, а также увеличением содержания гликогена в гомогенате ткани печени к 35 суткам наблюдения на 5,42% (см. табл. 1).

У половозрелых животных изменения были в целом аналогичные: увеличение содержания гликогена в печени, в сравнении с 1-й группой, на 35 сутки наблюдения на 5,21% (см. табл. 2). В период старческих изменений введение ЭГК сопровождалось снижением содержания глюкозы в сыворотке крови на 21 и 35 сутки наблюдения на 7,41% и 9,94%, а также увеличением содержания гликогена в печени на 35 сутки на 5,27% (см. табл. 3).

Таблица 2

Динамика некоторых показателей углеводного обмена у половозрелых животных, получавших ЭГК на фоне употребления пальмового масла (n=6)

Группа	Срок, сутки	Глюкоза сыворотки крови, ммоль/л	Лактат сыворотки крови, ммоль/л	Гликоген гомогената печени, г/кг печени
Контроль	7	4,31±0,11	4,62±0,13	11,33±0,22
	21	4,32±0,12	4,62±0,15	11,28±0,21
	35	4,32±0,13	4,67±0,12	11,21±0,21
ПМ	7	6,64±0,15*	8,18±0,14	6,68±0,17*
	21	6,71±0,13*	8,37±0,22*	6,92±0,19*
	35	7,01±0,18*	8,51±0,18*	7,10±0,19*
ЭГК	7	4,04±0,10	4,45±0,09	11,53±0,15
	21	4,05±0,11	4,42±0,13	11,71±0,13
	35	3,97±0,12	4,39±0,12	11,79±0,14*
ЭГК + ПМ	7	6,27±0,11*	7,62±0,16*^	7,17±0,13*^
	21	5,46±0,12*^	5,86±0,15*^	9,57±0,16*^
	35	5,01±0,14*^	4,86±0,14^	10,78±0,15^

Таблица 3

Динамика некоторых показателей углеводного обмена у животных старческого возраста, получавших ЭГК на фоне употребления пальмового масла (n=6)

Группа	Срок, сутки	Глюкоза сыворотки крови, ммоль/л	Лактат сыворотки крови, ммоль/л	Гликоген гомогената печени, г/кг печени
Контроль	7	5,56±0,14	5,31±0,16	10,71±0,17
	21	5,60±0,12	5,31±0,15	10,66±0,15
	35	5,63±0,12	5,36±0,16	10,60±0,18
ПМ	7	7,73±0,17*	7,97±0,24*	6,81±0,19*
	21	7,74±0,16*	7,89±0,20*	6,89±0,14*
	35	7,82±0,24*	8,20±0,20*	6,95±0,16*
ЭГК	7	5,43±0,15	5,28±0,15	10,92±0,21
	21	5,19±0,11*	5,13±0,12	11,03±0,20
	35	5,07±0,12*	4,97±0,12	11,16±0,18*
ЭГК + ПМ	7	7,36±0,13*	7,70±0,14*	7,02±0,14*
	21	6,47±0,13*^	6,11±0,12*^	8,78±0,14*^
	35	6,21±0,10*^	5,58±0,14^	9,85±0,19*^

В том случае, когда ЭГК применялся на фоне употребления ПМ (4-я группа) у половозрелых крыс достоверные отличия исследуемых показателей углеводного обмена от значений 2-й группы регистрировались с 21 суток наблюдения (см. табл. 1, рис. 2). При этом на 21 и 35 сутки наблюдения содержание глюкозы в сыворотке крови было меньше значений 2-й группы на 18,74% и 25,43%, а содержание лактата в сыворотке крови – на 31,37% и 38,31%. В этих условиях содержание гликогена в гомогенате печени на 21 и 35 сутки наблюдения было больше контрольного на 29,60% и 38,38%.

У половозрелых животных достоверные отличия исследуемых показателей углеводного обмена от значений 2-й группы регистрировались с 7 суток наблюдения (см. табл. 2). При этом содержание лактата в сыворотке крови на

7, 21 и 35 сутки наблюдения было меньше значений 3-й группы соответственно на 6,83%, 30,08% и 42,89%, а содержание гликогена в гомогенате печени в те же сроки было больше контрольного на 7,31%, 38,25% и 51,90%. Также содержание глюкозы в сыворотке крови на 21 и 35 сутки наблюдения было меньше значений 3-й группы на 18,61% и 28,56% (см. рис. 2).

В период старческих изменений достоверные отличия исследуемых показателей углеводного обмена от значений 3-й группы регистрировались с 21 суток наблюдения (см. табл. 3). При этом на 21 и 35 сутки наблюдения содержание глюкозы и лактата в сыворотке крови было меньше аналогичных значений 3-й группы соответственно на 16,51% и 20,61% и на 22,57% и 31,98% (см. рис. 2), а содержание гликогена в гомогенате печени было больше контрольного на 27,34% и 41,84%.

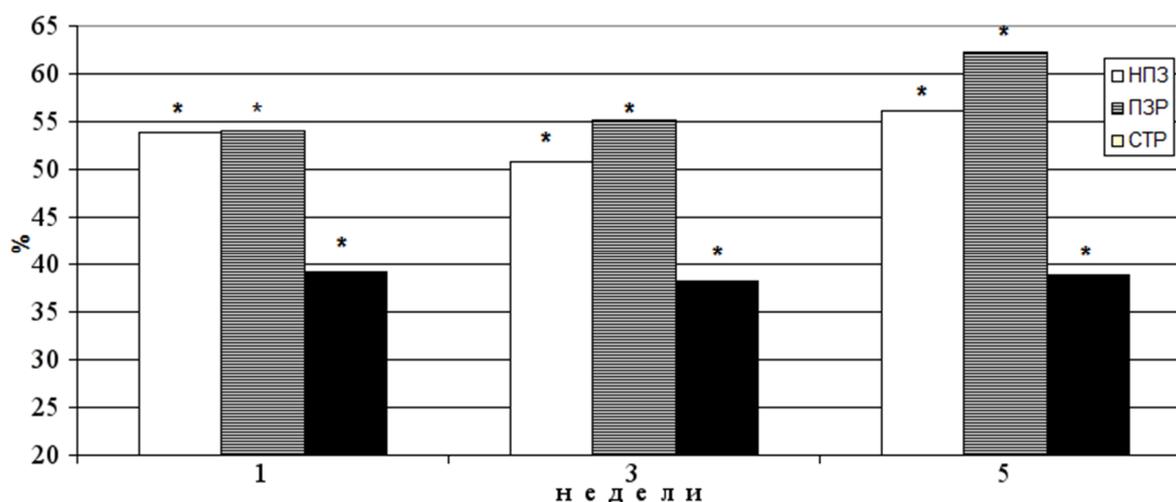


Рис. 2. Динамика изменения содержания глюкозы в сыворотке крови у подопытных животных различного возраста, получавших экстракт Гарцинии камбоджийской на фоне избыточного содержания пальмового масла в рационе (в % по отношению к контрольным животным)

Примечание: НПЗ – неполовозрелые крысы; ПЗР – половозрелые крысы; СТР – крысы старческого возраста.

Полученные нами результаты можно, предположительно, объяснить следующим образом. В предшествующих исследованиях нами было установлено, что избыточное употребление рафинированного пальмового масла сопровождается увеличением массы интраабдоминальной жировой ткани [3]. Эта ткань представлена гипертрофированными адипоцитами, содержащими крупные жировые капли, которые продуцируют воспалительные цитокины, такие как фактор некроза опухоли-альфа, резистин, активатор ингибитора плазминогена-1, ИЛ-6 и др. [28], а также пептидный гормон лептин [27]. Они вызывают местную и системную инсулинорезистентность и нарушение связывания инсулина с рецепторами органов-мишеней [28].

В печени на этом фоне усиливается продукция глюкозы, обуславливая гипергликемию [12], а также синтез фактора роста гепатоцитов, который стимулирует гиперплазию β -клеток поджелудочной железы. Это в сочетании с ростом концентрации свободных жирных кислот и глюкозы способствует усугублению инсулинорезистентности [16].

Имеются сведения о том, что при приеме ЭГК снижается уровень глюкозы в плазме крови после ее внутрижелудочного и интрадуоденального введения [31]. Также показано, что при приеме гидроксимионной кислоты в дозе 500 мг/сут в течение 7 дней повышается скорость синтеза гликогена, а также снижаются проявления инсулинорезистентности [10].

В нашем случае снижение уровня глюкозы и лактата в сыворотке крови у крыс различного возраста можно объяснить тем, что компоненты ЭГК, такие как бензофеноны, ксантомы и флавоноиды обладают антиоксидантными свойствами [14; 19; 23]. Гарцинол, кроме этого, имеет проти-

воспалительные и антипролиферативные свойства [26]. Гидроксимионная кислота, входящая в состав ЭГК, является ингибитором фермента АТФ цитрат лиазы, участвующего в биохимических превращениях лептина [17]. Их использование в составе ЭГК приводит к снижению уровня воспалительных цитокинов и лептина в плазме крови и соответственно к снижению инсулинорезистентности и повышению чувствительности рецепторов органов-мишеней к инсулину. Это сопровождается снижением продукции глюкозы в гепатоцитах и снижением гипергликемии.

Полученные нами данные можно обобщить следующим образом:

1. Избыточное содержание рафинированного пальмового масла в рационе (30 г/кг/сутки) сопровождается увеличением содержания глюкозы и лактата в сыворотке крови, а также снижением содержания гликогена в гомогенате ткани печени, степень выраженности которых нарастает по мере увеличения длительности эксперимента и зависит от возраста крыс.

3. Внутрижелудочное введение экстракта гарцинии камбоджийской условно здоровым крысам (0,25 г/кг/сутки) сопровождается снижением содержания глюкозы и лактата в сыворотке крови, а также увеличением содержания гликогена в гомогенате ткани печени, максимально выраженными у животных старческого возраста – с 21 суток от начала введения.

4. Применение на фоне избыточного употребления пальмового масла экстракта гарцинии камбоджийской в значительной степени нивелирует изменения углеводного обмена у подопытных животных с экспериментальным ожирением. Это проявляется, в сравнении с группой без применения экстракта гарцинии камбоджийской, снижением содержания глюкозы и лактата в сы-

воротке крови, а также увеличением содержания гликогена в гомогенате ткани печени, степень выраженности которых нарастает по мере увеличения длительности эксперимента и зависит от возраста крыс. Наиболее эффективно применение экстракта гарцинии камбоджийской, по нашим данным, у половозрелых крыс.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бибик Е.Ю., Романенко Д.В., Решетило Н.В., Хоменко А.В., Шипилова Н.В. Избыточное потребление пальмового масла как причина ожирения в различные периоды онтогенеза // Украинский морфологический альманах. – 2014. – Т. 12, № 3. – С. 65-67. [Bibik E.Y., Romanenko D.V., Reshetilo N.V., Chomenko A.V., Shipilova N.V. Excess consumption of palm oil as a cause of obesity in different periods of ontogenesis. Ukrain'skiy morfologichniy al'manakh. 2014; 12(3): 65-67 (in Russ.)].
2. Западнюк В.И., Западнюк И.П., Захария Е.А. Лабораторные животные. – Киев : Вища школа, 1983. – 383 с. [Zapadnyuk V.I., Zapadnyuk I.P., Zakhariya E.A. Laboratory animals. – Kyiv : Vishcha shkola; 1983: 383 (in Russ.)].
3. Исмаилова К.Р., Лящук А.В., Гайворонская Ю.В. Динамика массы тела и интраабдоминальной жировой ткани у крыс-самцов различного возраста, получавших рацион с избыточным содержанием пальмового масла, и возможности её коррекции экстрактом Гарцинии камбоджийской // Украинский морфологический альманах имени профессора В.Г. Ковешникова. – 2017. – Т. 15, № 3. – С. 56-62. [Ismailova K.R., Liashchuk A.V., Haivoronska I.V. Dynamics of body weight and intraabdominal adipose tissue in male rats of various ages which received a diet with an excessive palm oil content and the possibility of its correction with Garcinia Cambodia extract. Ukrainskiy morfologicheskiiy al'manakh imeni professora V.G. Koveshnikova. 2017; 15(3): 56-62 (in Russ.)].
4. Клиническая лабораторная аналитика: В 3 т. Том III. Частные клинические технологии в клинической лаборатории / Под ред. В.В. Меньшикова. – М. : Лабпресс, 2000. – 336 с. [Clinical laboratory analytics: in 3 vol. Volume III. Private clinical technologies in the clinical laboratory. V.V. Men'shikov, editor. M. : Labpress; 2000: 336 (in Russ.)].
5. Крысанова В.С., Журавлева М.В., Сереброва С.Ю. Социальная и экономическая значимость избыточной массы тела и ожирения в Российской Федерации. Основные подходы к лечению ожирения // Русский медицинский журнал. – 2015. – Т. 23, № 26. – С. 1534-1537. [Krysanova V.S., Zhuravleva M.V., Serebrova S.Yu. Social and economic importance of overweight and obesity in the Russian Federation. Basic approaches to the treatment of obesity. Russkiy meditsinskiy zhurnal. 2015; 23(26): 1534-1537 (in Russ.)].
6. Ланач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. – Киев : Морион, 2001. – 210 с. [Lapach S.N., Chubenko A.V., Babich P.N. Statistical methods in biomedical research using Excel. – Kyiv : Morion; 2001: 210 (in Russ.)].
7. Митьковская Н.П., Григоренко Е.А., Данилова Л.И. Сердце и метаболический риск. – Минск : Белорусская наука, 2008. – 277 с. [Mit'kovskaya N.P., Grigorenko E.A., Danilova L.I. Heart and Metabolic Risk. – Minsk : Belarusskaya nauka; 2008: 277 (in Russ.)].
8. Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 379 с. [Trukhacheva N.V. Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package. – M. : GEOTAR-Media; 2012: 379 (in Russ.)].
9. Caro J.F. Clinical review 26: Insulin resistance in obese and nonobese man // J Clin Endocrinol Metab. – 1998. – Vol. 73, N 4. – P. 691-695. – DOI: 10.1210/jcem-73-4-691.
10. Cheng I.S., Huang S.W., Lu H.C., Wu C.L., Chu Y.C., Lee S.D., Huang C.Y., Kuo C.H. Oral hydroxycitrate supplementation enhances glycogen synthesis in exercised human skeletal muscle // Br J Nutr. – 2012. – Vol. 107, N 7. – P. 1048-1055. – DOI: 10.1017/S0007114511003862.
11. Gallus S., Lugo A., Murisic B., Bosetti C., Boffetta P., La Vecchia C. Overweight and obesity in 16 European countries // Eur J Nutr. – 2015. – Vol. 54, N 5. – P. 679-689. – DOI: 10.1007/s00394-014-0746-4.
12. Hardy O.T., Czech M.P., Corvera S. What causes the insulin resistance underlying obesity? // Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes. – 2012. – Vol. 19, N 2. – P. 81-87. – DOI: 10.1097/MED.0b013e3283514e13.
13. Hayamizu K., Hirakawa H., Oikawa D., Nakanishi T., Takagi T., Tachibana T., Furuse M. Effect of Garcinia cambogia extract on serum leptin and insulin in mice // Fitoterapia. – 2003. – Vol. 74, N 3. – P. 267-273.
14. Iinuma M., Ito T., Miyake R., Tanaka T., Chelladurai V. A xanthone from Garcinia cambogia // Phytochemistry. – 1998. – Vol. 47, N 6. – P. 1169-1170. – DOI: 10.1016/S0031-9422(98)80096-4.
15. Justel A., Pena D., Zamar R. A multivariate Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit // Statistics and probability letters. – 1997. – Vol. 35, N 3. – P. 251-259. – DOI: 10.1016/S0167-7152(97)00020-5.
16. Kim J.I., Huh J.Y., Sohn J.H., Choe S.S., Lee Y.S., Lim C.Y., Jo A., Park S.B., Han W., Kim J.B. Lipid-overloaded enlarged adipocytes provoke insulin resistance independent of inflammation // Mol. Cell Biol. – 2015. – Vol. 35, N 10. – P. 1686-1699. – DOI: 10.1128/MCB.01321-14.
17. Kim K-Y., Lee H.N., Kim Y.J., Park T. Garcinia Cambogia extract ameliorates visceral adiposity in C57BL/6J mice fed on a high-fat diet // Biosci. Biotechnol. Biochem. – 2008. – Vol. 72, N 7. – P. 1772-1780. – DOI:10.1271/bbb.80072.
18. Kim M.S., Kim J.K., Kwon D.Y., Park R. Anti-adipogenic effects of Garcinia extract on the lipid droplet accumulation and the expression of transcription factor // Biofactors. – 2004. – Vol. 22, N 1-4. – P. 193-196.

19. *Koshy A.S., Anila L., Vijayalakshmi N.R.* Flavonoids from *Garcinia cambogia* lower lipid levels in hypercholesterolemic rats // *Food chemistry*. – 2001. – Vol. 72, N 3. – P. 289-294.
20. *Kumar S., Sharma S., Chattopadhyay S.K.* High-performance liquid chromatography and LC-ESI-MS method for identification and quantification of two isomeric polyisoprenylated benzophenones isoxanthochymol and camboginol in different extracts of *Garcinia* species // *Biomed. Chromatogr.* – 2009. – Vol. 23, N 8. – P. 888-907. – DOI: 10.1002/bmc.1202
21. *Lewis Y.S., Neelakantan S.* (-)-Hydroxycitric acid – the principal acid in the fruits of *Garcinia cambogia* desr // *Phytochemistry*. – 1965. – Vol. 4, N 4. – P. 619-625. – DOI: 10.1016/S0031-9422(00)86224-X
22. *Mancini A., Imperlini E., Nigro E., Montagnese C., Daniele A., Orrù S., Buono P.* Biological and Nutritional Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects on Health // *Molecules*. – 2015. – Vol. 20, N 9. – P. 17339-17361. – DOI: 10.3390/molecules200917339.
23. *Masullo M., Bassarello C., Suzuki H., Pizza C., Piacente S.* Polyisoprenylated benzophenones and an unusual polyisoprenylated tetracyclic xanthone from the fruits of *Garcinia Cambogia* // *J Agric Food Chem.* – 2008. – Vol. 56, N 13. – P. 5205-5210. – DOI: 10.1021/jf800416j.
24. *Odia O.J., Ofori S., Maduka O.* Palm Oil and the heart: A review // *World J. Cardiol.* – 2015. – Vol. 7, N 3. – P. 144-149. – DOI: 10.4330/wjc.v7.i3.144.
25. *Ogden C.L., Carroll M.D., Lawman H.G., Fryar C.D., Kruszon-Moran D., Kit B.K., Flegal K.M.* Trends in Obesity Prevalence Among Children and Adolescents in the United States, 1988-1994 Through 2013-2014 // *JAMA*. – 2016. – Vol. 315, N 21. – P. 2292-2299. – DOI: 10.1001/jama.2016.6361.
26. *Saadat N., Gupta S.V.* Potential role of garcinol as an anticancer agent // *J. Oncol.* – 2012. – Vol. 2012. – ID 647206. – DOI: 10.1155/2012/647206.
27. *Scarpace P.J., Zhang Y.* Elevated leptin: consequence or cause of obesity? // *Front Biosci.* – 2007. – Vol. 12. – P. 3531-3544.
28. *Shoelson S.E., Herrero L., Naaz A.* Obesity, inflammation, and insulin resistance // *Gastroenterology*. – 2007. – Vol. 132, N 6. – P. 2169-2180. – DOI: 10.1053/j.gastro.2007.03.059.
29. *Subhashini N., Nagarajan G., Kaviman S.* In vitro antioxidant and anticholinesterase activities of *Garcinia cambogia* // *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.* – 2011. – Vol. 3, N 3. – P. 129-132.
30. *Timmers S., de Vogel-van den Bosch J., de Wit N., Schaart G., van Beurden D., Hesselink M., van der Meer R., Schrauwen P.* Differential effects of saturated versus unsaturated dietary fatty acids on weight gain and myocellular lipid profiles in mice // *Nutr Diabetes*. – 2011. – Vol. 1. – P. e11. – DOI: 10.1038/nutd.2011.7.
31. *Wielinga P.Y., Wachters-Hagedoorn R.E., Bouter B., van Dijk T.H., Stellaard F., Nieuwenhuizen A.G., Verkade H.J., Scheurink A.J.* Hydroxycitric acid delays intestinal glucose absorption in rats // *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver. Physiol.* – 2005. – Vol. 288, N 6. – P. G1144-1149. – DOI: 10.1152/ajpgi.00428.2004.