

ФАРМАКОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ НА ФУНКЦИИ И АНТИОКСИДАНТНУЮ ЗАЩИТУ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

А. И. Венгеровский, Т. В. Якимова, О. Н. Насанова¹

При экспериментальном сахарном диабете, вызванном у крыс стрептозотоцином и кормом с высоким (30 %) содержанием жиров, водные экстракты листьев крапивы двудомной (100 мг/кг) и корней лопуха большого (25 мг/кг) при введении внутрь 1 раз в сутки в течение 10 дней уменьшали уровень гликемии, триглицеридемии и оказывали протекторное действие на эритроциты как у животных, продолжавших получать обогащенную жирами пищу, так и на фоне низкокалорийного рациона питания. Экстракты лекарственных растений в такой же степени, как метформин, снижали концентрацию гликированного гемоглобина на 12 – 31 %, внеэритроцитарного гемоглобина — в 1,7 – 1,8 раза ($p < 0,05$), содержание в эритроцитах малонового диальдегида — в 1,3 раза ($p < 0,05$), повышали деформируемость эритроцитов в 1,3 – 1,4 раза ($p < 0,05$), активность их антиоксидантных ферментов — глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы, глутатион-S-трансферазы, каталазы и супероксиддисмутазы — в 1,2 – 2,6 раза ($p < 0,05$). Корм с обычным (8 %) содержанием жиров улучшала метаболические показатели в меньшей степени, чем фитотерапия в среднем на 13 – 21 % ($p < 0,05$).

Ключевые слова: экстракт крапивы; экстракт лопуха; модель сахарного диабета; корм с высоким и низким содержанием жиров; крысы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно более 800 растений с противодиабетическим действием [13]. Биологически активные вещества лекарственных растений на моделях сахарного диабета (СД) способствуют новообразованию β -клеток островков поджелудочной железы, как ингибиторы α -глюкозидазы нарушают всасывание глюкозы в кишечнике, проявляют свойства инкретиномиметиков, активируют переносчик глюкозы GLUT 4, тормозят глюконеогенез, повышают чувствительность рецепторов инсулина, улучшают биоэнергетику клеток [16]. При стрептозотоциновом СД у крыс водный экстракт крапивы двудомной снижал концентрацию глюкозы и общего холестерина в крови, потенцировал способность инсулина повышать утилизацию глюкозы [11], увеличивал диаметр островков поджелудочной железы и количество β -клеток [17]; у мышей, получавших пищу с высоким содержанием холестерина, тормозил продукцию атерогенных липопротеинов низкой плотности (ЛНП) и стимулировал образование липопротеинов высокой плотности (ЛВП) [9]. Продукты лопуха большого у нормогликемических крыс улучшали толерантность к сахарной нагрузке, не вызывая гипогликемии; при стрептозотоциновом СД у крыс — уменьшали в крови концентрацию глюкозы, гликиро-

ванного гемоглобина, мочевины, креатинина, триглицеридов, ЛНП, повышали концентрацию инсулина и ЛВП, в печени нормализовали уровень малонового диальдегида (МДА) и содержание гликогена [10]. Представляется актуальным исследовать влияние лекарственных растений на функции эритроцитов, так как при СД из-за уменьшения эластичности их мембран и гемолиза нарушается перенос кислорода между альвеолами легких и эритроцитами, ухудшается микроциркуляция [1].

Цель данного исследования — изучение влияния экстрактов листьев крапивы двудомной и корней лопуха большого на деформируемость мембран эритроцитов и активность эритроцитарных ферментов антиоксидантной защиты при экспериментальном СД, вызванном у крыс стрептозотоцином и обогащенной жирами пищей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сухие водные экстракты получали из листьев крапивы двудомной и корней лопуха большого. Растения заготавливали в экологически чистом районе Томской области. Измельченное воздушно-сухое сырье настаивали на водяной бане с обратным холодильником в течение 30 мин при 80 °С. Экстракцию проводили трехкратно, после чего объединяли полученные порции и удаляли воду при температуре не выше 60 °С. Стандартизация препаратов: сухой экстракт листьев крапивы содержал (78 ± 6) мг % каротиноидов в пересчете

¹ Сибирский государственный медицинский университет, Россия, 634050, Томск, ул. Московский тракт, 2.

на β -каротин и $(0,0128 \pm 0,002)$ мкмоль/г хлорофилла в пересчете на хлорофилл α , сухой экстракт корня лопуха содержал $(5,0 \pm 0,8)$ % полифенолов и $(9,6 \pm 1,4)$ % инулина.

Эксперименты проводили на 130 аутбредных белых крысах-самцах массой 200 – 220 г, выращенных в конвенциональных условиях в виварии НИИ фармакологии и регенеративной медицины им. Е. Д. Гольдберга (Томск). Крыс содержали в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в экспериментах и других научных целях (Совет Европы, Страсбург, 2004 г.). На время эксперимента крыс помещали в индивидуальные клетки при естественном освещении, относительной влажности воздуха 50 – 60 %, температуре 22 – 24 °С, свободном доступе к воде и пище (протокол этического комитета Сибирского государственного медицинского университета № 1640 от 18.10.2012). Экспериментальный СД вызывали двукратным внутривентральным введением стрептозотоцина (Sigma, США) в дозе 30 мг/кг с интервалом в 2 дня [14]. Для формирования инсулинорезистентности животные в течение 4 недель до начала инъекций стрептозотоцина и в течение 8 недель после окончания получали корм с повышенным содержанием жиров (белки — 8 %, жиры — 30 %, углеводы — 62 % от общей суточной калорийности). Отбирали крыс с уровнем гликемии более 10 ммоль/л после голодания на протяжении 12 – 14 ч. Этим животным вводили ежедневно в желудок за 30 мин до еды в течение 10 дней растворенные в дистиллированной воде экстракт листьев крапивы в дозах 12,5, 25, 100 и 150 мг/кг, экстракт корней лопуха в дозах 12,5, 25 и 50 мг/кг или в суспензии в 1 % крахмальной слизи

Таблица 1. Влияние экстрактов крапивы (12,5 – 150 мг/кг) и лопуха (12,5 – 50 мг/кг) при введении внутрь 1 раз в сутки в течение 10 дней на содержание глюкозы и гликированного гемоглобина в крови при экспериментальном СД у крыс (Ме $(Q_1 - Q_3)$, $n = 10$)

Условия эксперимента	Глюкоза, ммоль/л	Гликированный гемоглобин, %
Модель СД + 8 недель обогащенной жиром пищи + экстракт крапивы, мг/кг	20,8 (18,9 – 22,1)	8,4 (7,9 – 8,7)
12,5	18,4 (14,1 – 20,7)	8,2 (6,2 – 9,3)
25	17,3 (14,5 – 20,8)	7,9 (5,4 – 10,3)
50	16,3 (8,2 – 19,7)	7,8 (4,2 – 11,6)
100	11,9 (7,9 – 17,4)*	7,4 (6,8 – 7,9)*
150	11,5 (7,7 – 16,4)*	7,3 (5,7 – 8,0)*
Модель СД + 8 недель обогащенной жиром пищи + экстракт лопуха, мг/кг	15,7 (14,6–16,3)	7,2 (7,1 – 8,3)
12,5	18,9 (12,9 – 23,7)	7,9 (5,6 – 11,5)
25	12,8 (7,8 – 18,9)*	5,8 (5,5 – 7,9)*
50	12,0 (6,9 – 19,6)*	5,7 (5,3 – 8,1)*

$p < 0,05$: * — по сравнению с показателем при модели СД.

препарат сравнения метформин (Berlin-Chemi AG, Германия) в дозе 450 мг/кг [18]. В течение срока введения препаратов половина животных продолжала получать корм с высоким содержанием жиров, остальные животные получали обычный пищевой рацион (20 % белков, 8 % жиров и 72 % углеводов). Третью группу крыс кормили только пищей с обычным содержанием жиров, и она не получала экстрактов или метформина. Контрольным животным с моделью СД вводили дистиллированную воду или крахмальную слизь.

В крови измеряли содержание глюкозы (глюкометр “OneTouchUltraEasy”, США), триглицеридов (набор “Триглицериды”, Россия) и внеэритроцитарного гемоглобина (набор “ЭКОлаб-Гемоглобин”, Россия). Эритроциты получали из крови сонной артерии наркотизированных эфиром крыс. Определяли деформируемость эритроцитов [1], содержание в них гликированного гемоглобина (набор “Glycohemoglobin”, США), МДА [5], активность глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы, глутатион-S-трансферазы [7], каталазы [6] и супероксиддисмутаза (СОД) [2]. Для количественного определения показателей использовали спектрофотометр СФ-2000 (Россия). Результаты обрабатывали с помощью непараметрических критериев Манна — Уитни и Вилкоксона для независимых и зависимых выборок при вероятности ошибочного вывода, не превышающей 5 % ($p \leq 0,05$). Данные представлены в виде медианы Ме, верхнего и нижнего квартилей $Q_1 - Q_3$ [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Природный антибиотик стрептозотоцин селективно связывается с переносчиком глюкозы GLUT 2 в β -клетках поджелудочной железы. Метаболит стрептозотоцина оксид азота трансформируется в пероксинитрильный радикал, вызывающий липопероксидацию с нарушением целостности мембран, торможением окислительного фосфорилирования, точечными мутациями ДНК. В итоге подавляются стимулированные глюкозой синтез и секреция инсулина, развивается некроз β -клеток [15].

В наших экспериментах через 8 недель после введения стрептозотоцина на фоне обогащенного жирами корма у крыс появлялись характерные для СД симптомы — полиурия, полидипсия, полифагия. Масса тела животных снижалась на 14 – 30 %, повышалась на 3 – 24 % или не изменялась. Уровень глюкозы в крови возрастал с 3,6 – 4,5 до 10,1 – 25,1 ммоль/л, гликированного гемоглобина — с 4,4 – 4,6 до 7,9 – 8,7 %, триглицеридов — в 8,3 раза ($p < 0,05$) (табл. 1, 2). Введение экстрактов крапивы в дозах 12,5 – 150 мг/кг и лопуха в дозах 12,5 – 50 мг/кг в течение 10 дней животным с моделью СД, продолжавших получать обогащенную жирами пищу, сопровождалось изменением уровня глюкозы и гликированного гемоглобина в крови. Экстракт крапивы оказывал выраженный гипогли-

кемический эффект в дозе 100 мг/кг, при этом содержание глюкозы уменьшалось в 1,7 раза, гликированного гемоглобина — с 8,4 до 7,4 %. Экстракт лопуха проявлял максимальную активность в дозе 25 мг/кг со снижением показателей гликемии на 18,5 – 19,5 % ($p < 0,05$) (табл. 1). В дальнейших экспериментах экстракты вводили в указанных дозах. Метформин в дозе 450 мг/кг при ежедневном введении внутрь в течение 10 дней снижал уровень глюкозы в 1,4 раза, не влияя на содержание гликированного гемоглобина. При кормлении крыс с моделью СД пищей с обычным со-

держанием жиров без введения препаратов снижался уровень глюкозы и триглицеридов в крови (табл. 2).

У животных, получавших после развития модели СД корм с повышенным содержанием жиров, масса тела после терапии экстрактом крапивы в дозе 100 мг/кг снижалась на 13 %, при введении экстракта лопуха в дозе 25 мг/кг – повышалась на 7,1 % ($p < 0,05$). На фоне пищевого рациона с количеством жиров 8 % экстракт крапивы во всех дозах увеличивал массу тела на 11,2 – 14,2 %, экстракт лопуха во всех дозах — не изменял. В этом эксперименте после введения экстрактов крапивы и лопуха уровень глюкозы в

Таблица 2. Влияние экстрактов крапивы (100 мг/кг), лопуха (25 мг) и метформина (450 мг/кг) при введении внутрь 1 раз в сутки в течение 10 дней на содержание глюкозы, гликированного гемоглобина, триглицеридов в крови, индекс деформируемости эритроцитов, содержание малонового диальдегида, активность ферментов антиоксидантной системы в эритроцитах крыс с стрептозотоциновым СД (Ме (Q1 – Q3), $n = 10$)

Показатель	Интактные животные	Стрептозотоцин + 8 недель обогащенной жиром пищи							
		Модель СД + 8 недель обогащенной жиром пищи	Обычный пищевой рацион без введения препаратов	Экстракт крапивы (100 мг/кг) на фоне		Экстракт лопуха (25 мг/кг) на фоне		Метформин (450 мг/кг) на фоне	
				корма с высоким содержанием жира	обычного пищевого рациона	корма с высоким содержанием жира	обычного пищевого рациона	корма с высоким содержанием жира	обычного пищевого рациона
Глюкоза, ммоль/л	3,9 (3,6 – 4,5)	19,5 (10,1 – 25,1) ¹	11,3 (10,1 – 19,4) ^{1,2}	11,9 (2,9 – 17,4) ^{1,2}	4,8 (3,6 – 6,7) ¹	12,8 (12,8 – 12,9) ^{1,2}	7,0 (6,4 – 14,1) ¹	13,5 (6,3 – 19,5) ^{1,2}	7,1 (3,9 – 15,3) ¹
Гликированный гемоглобин, %	4,5 (4,4 – 4,6)	8,4 (7,9 – 8,7) ¹	7,8 (5,9 – 9,7) ¹	7,4 (6,8 – 7,9) ^{1,2}	7,2 (7,0 – 7,3) ^{1,2}	5,8 (5,9 – 7,9) ^{1,2}	6,9 (5,9 – 8,0) ^{1,2}	7,0 (5,8 – 8,8) ^{1,2}	7,6 (7,1 – 8,2) ¹
Триглицериды, ммоль/л	0,7 (0,4 – 1,2)	5,8 (3,2 – 10,9) ¹	0,7 (0,3 – 1,1) ²	1,0 (0,4 – 1,4) ²	0,6 (0,3 – 0,5) ²	1,5 (1,0 – 2,0) ^{1,2}	1,0 (0,4 – 1,6) ²	1,0 (0,5 – 1,3) ²	1,1 (0,8 – 1,4) ²
Индекс деформируемости эритроцитов, %	9,3 (6,2 – 15,4)	7,9 (3,3 – 14,3) ¹	8,5 (5,1 – 10,1) ¹	11,2 (3,3 – 16,7) ²	9,3 (7,1 – 10,7) ²	10,5 (5,5 – 13,3) ²	7,4 (3,3 – 7,7)	7,8 (6,7 – 8,2) ¹	8,8 (6,3 – 13,3)
Внеэритроцитарный гемоглобин, г/л	8,3 (2,1 – 25,7)	22,9 (10,3 – 43,7) ¹	14,3 (9,8 – 19,0) ^{1,2}	13,7 (11,8 – 18,0) ^{1,2}	15,0 (11,3 – 23,2) ^{1,2}	12,4 (7,7 – 15,4) ^{1,2}	14,0 (10,3 – 15,4) ^{1,2}	14,2 (12,9 – 15,4) ^{1,2}	14,0 (10,3 – 23,2) ^{1,2}
МДА, мкмоль/л	92,5 (10,2 – 110,1)	122,1 (99,8 – 158,7) ¹	91,9 (81,9 – 97,0) ²	90,8 (69,1 – 117,0) ²	92,3 (66,3 – 112,6) ²	81,2 (67,1 – 97,0) ²	103,7 (76,8 – 115,2) ²	95,9 (90,9 – 102,1) ²	95,6 (89,1 – 105,0) ²
Каталаза, моль/л · мин	4,5 (3,4 – 6,0)	3,5 (2,9 – 4,4) ¹	3,6 (2,3 – 6,1) ¹	4,1 (2,3 – 5,0) ²	4,0 (2,6 – 5,1) ²	4,1 (3,3 – 5,1) ²	4,3 (2,2 – 5,0) ²	3,3 (1,0 – 4,4) ¹	4,1 (1,2 – 5,0) ²
Супероксиддисмутазы, Е/мг белка	0,38 (1,14 – 0,68)	0,21 (0,15 – 0,29) ¹	0,31 (0,19 – 0,41) ²	0,39 (0,41 – 0,63) ²	0,44 (0,27 – 0,67) ²	0,32 (0,19 – 0,38) ²	0,43 (0,27 – 0,61) ²	0,31 (0,18 – 0,5) ²	0,42 (0,27 – 0,64) ²
Глутатионпероксидаза, ммоль/л · мин	465,0 (482,4 – 675,4)	400,0 (188,1 – 634,4) ¹	585,5 (400,4 – 791,1) ²	490,9 (139,9 – 786,3) ²	499,0 (328,2 – 594,5) ²	598,2 (410,0 – 742,9) ²	578,3 (279,8 – 793,6) ²	577,2 (433,1 – 724,9) ²	570,4 (472,8 – 728,4) ²
Глутатионредуктаза, ммоль/л · мин	0,45 (0,22 – 0,84)	0,22 (0,12 – 0,38) ¹	0,61 (0,32 – 1,82) ^{1,2}	0,38 (0,27 – 0,49) ²	0,42 (0,31 – 1,8) ²	0,58 (0,26 – 0,84) ²	0,70 (0,24 – 1,61) ²	0,35 (0,12 – 0,67) ^{1,2}	0,29 (0,22 – 0,41) ^{1,2}
Глутатион-S-трансфераза, моль/л · мин	1,29 (0,82 – 1,85)	0,73 (0,59 – 1,09) ¹	1,28 (0,93 – 1,59) ²	1,34 (1,51 – 2,32) ²	1,12 (0,90 – 1,31) ²	1,31 (0,62 – 1,09) ²	1,35 (0,89 – 1,53) ²	0,93 (0,86 – 0,97) ^{1,2}	1,12 (0,85 – 1,74) ²

$p < 0,05$ по сравнению с показателем: ¹ интактных животных, ² при модели СД.

крови крыс снижался в 2,8 – 4,1 раза, гликированного гемоглобина — с 8,4 до 6,9 % ($p < 0,05$). Метформин не влиял на массу тела, уменьшал содержание глюкозы в крови в 2,7 раза, гликированного гемоглобина — до 7,6 % ($p < 0,05$). Содержание триглицеридов нормализовалось у всех животных (табл. 2).

Панкреотоксическое действие стрептозотоцина у животных, получавших обогащенную жирами пищу, сопровождалось уменьшением индекса деформируемости эритроцитов на 15 %, ростом концентрации маркера гемолиза – внеэритроцитарного гемоглобина – в 2,8 раза, МДА – на 32 %, снижением активности каталазы и глутатионпероксидазы эритроцитов на 14 – 22 %, глутатионредуктазы, глутатион-S-трансферазы и СОД – в 1,8 – 2 раза, по сравнению с показателями интактных животных ($p < 0,05$) (табл. 2). После введения экстрактов крапивы и лопуха животным с моделью СД, получавшим пищу с высоким содержанием жиров, по сравнению с показателями нелеченных животных, индекс деформируемости эритроцитов становился больше в 1,3 – 1,4 раза, концентрация внеэритроцитарного гемоглобина и МДА в эритроцитах снижалась в 1,3 – 1,8 раза, активность каталазы возрастала на 17 %, активность глутатион-S-трансферазы и СОД – в 1,5 – 1,9 раза ($p < 0,05$). Экстракт крапивы вызывал рост активности глутатионпероксидазы на 23 %, глутатионредуктазы — в 1,7 раза, экстракт лопуха повышал в эритроцитах активность этих ферментов соответственно в 1,5 и 2,6 раза, по сравнению с активностью при модели СД. На фоне обычного пищевого рациона экстракты крапивы и лопуха снижали концентрацию внеэритроцитарного гемоглобина и МДА эритроцитов в 1,2 – 1,6 раза, увеличивали активность каталазы на 14,3 – 22,9 %, глутатион-S-трансферазы и СОД – в 1,5 – 2,1 раза. Кроме того, экстракт крапивы повышал деформируемость эритроцитов на 17 %, активность в эритроцитах глутатионпероксидазы — на 24,8 %, глутатионредуктазы — в 1,9 раза, экстракт лопуха оказывал более выраженное антиоксидантное действие с ростом активности этих ферментов в 1,5 – 3,2 раза, хотя и не влиял на деформируемость эритроцитов. Независимо от пищевого рациона экстракты крапивы и лопуха нормализовали в эритроцитах крыс со стрептозотоциновой моделью СД содержание МДА и активность антиоксидантных ферментов. Для действия метформина на фоне диеты с разным количеством жиров характерны снижение уровня внеэритроцитарного гемоглобина и эритроцитарного МДА, увеличение активности глутатионзависимых ферментов и СОД по сравнению с показателями при стрептозотоциновой модели СД. У животных, не защищенных препаратами, пища с обычным содержанием жиров изменяла в сторону нормы содержание внеэритроцитарного гемоглобина, МДА, активность глутатионзависимых ферментов и СОД, при этом терапевтический эффект корма с обычным содержанием жиров был менее значительным — на 13 – 21 %

($p < 0,05$), чем при введении экстрактов и метформина (табл. 2).

Таким образом, при экспериментальном СД, вызванном повреждением поджелудочной железы стрептозотоцином и обогащенной жирами (30 %) пищей, развивались гипергликемия, гликозилирование гемоглобина, гипертриглицеридемия, гемолиз, нарушалась деформируемость эритроцитов и снижалась активность их антиоксидантных ферментов. Известно, что при гипергликемии активируется аутоокисление глюкозы и ее метаболитов глюкозо-6-фосфата и фруктозо-6-фосфата с образованием реактивных дикарбонильных сахаров — метилглиоксаля и 3-дезоксиглюкозона, а также метаболизм глюкозы переключается на полиольный путь. Патологические интермедиаты иницируют в эритроцитах образование супероксидных анионов, гидроксильных радикалов и перекиси водорода. В эритроцитах усиливается липопероксидация с истощением ферментативной антиоксидантной защиты, уменьшением эластичности и гемолизом [4]. Экстракты крапивы двудомной и лопуха большого уменьшали гипергликемию, гликозилирование гемоглобина и нормализовали содержание триглицеридов даже у животных, продолжавших получать пищу с высоким количеством жиров. По данным литературы, механизм сахароснижающего действия препаратов крапивы обусловлен уменьшением всасывания глюкозы в верхнем отделе тонкого кишечника, интенсивным ее поглощением скелетными мышцами и перемещением транспортера глюкозы GLUT 4 к плазматической мембране инсулинозависимых клеток [12]. Лигнанные гликозиды лопуха арктиин и арктигенин повышают высвобождение глюкагоноподобного пептида-1, ингибируют α -глюкозидазу. Арктигенин как индуктор цАМФ-зависимой протеинкиназы активирует поглощение глюкозы скелетными мышцами и окислительное фосфорилирование, тормозит экспрессию ядерного фактора kB [19]. В наших экспериментах растительные экстракты в такой же степени, как метформин, оказывали протекторное влияние на эритроциты в результате уменьшения токсического действия глюкозы и прямого антиоксидантного эффекта содержащихся в растениях полифенолов и лигнанов [3]. Пищевой рацион с количеством жиров 8 % без дополнения фармакотерапией оказывал менее выраженный противодиабетический эффект.

ВЫВОДЫ

1. При экспериментальном СД, вызванном у крыс введением стрептозотоцина в сочетании с обогащенной жирами кормом, водные экстракты листьев крапивы двудомной (100 мг/кг) и корней лопуха большого (25 мг/кг) при введении в течение 10 дней в такой же степени, как метформин, уменьшают в крови уровень глюкозы, триглицеридов, гликированного и внеэритроцитарного гемоглобина, содержание в эритроцитах малонового диальдегида, повышают деформируе-

мость эритроцитов, активность их антиоксидантных ферментов — глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы, глутатион-S-трансферазы, каталазы и супероксиддисмутазы.

2. Экстракты крапивы и лопуха оказывают гипогликемическое действие и протекторное влияние на эритроциты при питании кормом, как обогащенным жирами, так и с низким количеством жиров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. П. Бондарь, Г. И. Козинец, *Лабораторно-клиническая диагностика сахарного диабета и его осложнений*, Медицинское информационное агентство, Москва (2003).
2. О. С. Брусов, А. М. Герасимов, Л. Ф. Панченко, *Бюл. эксперим. биол. мед.*, **81**(1), 33 – 35 (1976).
3. В. Н. Буркова, С. Г. Боев, А. И. Венгеровский и др., *Эксперим. и клин. фармакол.*, **74**(1), 24 – 27 (2011).
4. О. В. Занозина, Н. Н. Боровков, Т. Г. Щербатюк, *Соврем. технол. мед.*, № 3, 104 – 112 (2010).
5. В. С. Камышников, *Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике*, Беларусь, Минск (2000).
6. М. А. Королук, Л. И. Иванова, И. Г. Майорова, В. Е. Токарев, *Лаб. дело*, № 1, 16 – 19 (1988).
7. *Медицинские лабораторные технологии и диагностика*, Т. 2, А. И. Карпищенко (ред.), Интермедика, Санкт-Петербург (1998).
8. Р. Х. Хафизьянова, И. М. Бурькин, Г. Н. Алеева, *Математическая статистика в экспериментальной и клинической фармакологии*, Медицина, Казань (2006).
9. G. Avci, E. Kupeli, A. Eryavuz, et al., *J. Ethnopharmacol.*, **107**(3), 418 – 423 (2006).
10. J. Cao, C. Li, P. Zhang, et al., *Afr. J. Biotechnol.*, **11**(37), 9079 – 9085 (2012).
11. M. Das, B. P. Sarma, B. Rokeya, et al., *J. Diabetol.*, **2**(2), 16 – 20 (2011).
12. M. S. Domola, V. Vu, C. A. Robson-Doucette, et al., *Phytother. Res.*, **24**(2), 175 – 182 (2010).
13. F. Jamila, E. Mostafa, *J. Ethnopharmacol.*, **154**(1), 76 – 87 (2014).
14. A. J. King, *Br. J. Pharmacol.*, **166**(3), 877 – 894 (2012).
15. S. Lenzen, *Diabetologia*, **51**(2), 216 – 226 (2008).
16. R. Patel, D. Kumar, S. Laloo, D. K. Hemalatha, *Asian Pacific J. Tropical Dis.*, **2**(3), 239 – 250 (2012).
17. D. Qujed, M. Tatar, F. Feizi, *Int. J. Mol. Cell Med.*, **2**(1), 21 – 26 (2013).
18. J. Takada, M. H. Fonseca-Alaniz, T. B. Campos, et al., *J. Endocrinol.*, **198**(1), 51 – 60 (2008).
19. W. W. Wang, Y. P. Chen, *Chin. J. Integr. Trad. West. Med.*, **28**(10), 917 – 920 (2008).

Поступила 14.07.15

INFLUENCE OF MEDICINAL PLANT EXTRACTS ON THE FUNCTIONS AND ANTIOXIDANT PROTECTION OF ERYTHROCYTES IN RATS WITH EXPERIMENTAL DIABETES MELLITUS

A. I. Vengerovskii, T. V. Yakimova, and O. N. Nasanova

Siberian State Medical University, Moskovskii trakt 2, Tomsk, 634050 Russia

Experiments on rats with diabetes mellitus model induced by streptozotocin and high (30%) fat diet showed that the daily treatment with aqueous extracts of great nettle leaves (100 mg/kg) and common burdock roots (25 mg/kg) for a period of 10 days led to a decrease in the glycemic index and triglyceride level and produced protective action on erythrocytes both in animals kept on a fat-rich diet and on the background of a low-caloric ration. Both medicinal plant extracts were comparable with reference drug metformin in reducing the concentration of glycosylated hemoglobin (by 12 – 31%) and ectoglobular hemoglobin (1.7 – 1.8 times, $p < 0.05$), decreasing the content of malonic dialdehyde in erythrocytes (1.3 times, $p < 0.05$), and increasing erythrocyte deformability (1.3 – 1.4 times, $p < 0.05$) and activity of their antioxidant enzymes glutathione peroxidase, glutathione reductase, glutathione-S-transferase, catalase, and superoxide dismutase (1.2 – 2.6 times, $p < 0.05$). A diet with usual (8%) fat content improved the metabolic indices to a lower degree (on the average by 13 – 21%, $p < 0.05$) than did the proposed phytotherapy.

Keywords: nettle extract; burdock extract; diabetes mellitus model; high- and low-fat food; rats.