

ВПЛИВ НИЗЬКИХ ДОЗ ТАУРИНУ НА АНТИОКСИДАНТНИЙ ЗАХИСТ І ЛІПОПРОТЕЇНОВИЙ СКЛАД КРОВІ ЩУРІВ

Р. Остапів^{1,2}, Х. Скиба¹, В. Манько¹
romostapiv@gmail.com

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

²ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок,
вул. Донецька, 11, м. Львів, 79019, Україна

Метою роботи було дослідити вплив тривалого перорального введення низьких доз (5–20 мг/кг) таурину на антиоксидантний захист та склад ліпопротеїнів крові щурів. Дослідження проведені на самцях щурів лінії Wistar масою 140–160 г і віком 4 місяці. Тварин розділяли на чотири групи — контрольну (n=4), щурам якої протягом 28 діб щоденно вводили у стравохід питну воду, та три дослідні (n=4), щурм яких вводили таурин у дозах: I дослідна група — 5 мг/кг, II дослідна група — 10 мг/кг, III дослідна група — 20 мг/кг маси тіла. На 29-ту добу експерименту щурів декапітували, відбирали кров і визначали активність ензимів та активність окремих ізозимів антиоксидантного захисту (супероксиддисмутази, каталази і глутатіонпероксидази), вміст ТБК-активних продуктів, склад ліпопротеїнів і розчинних протеїнів крові.

У результаті досліджень виявлено, що тривале пероральне введення таурину не впливає на активність ензимів антиоксидантного захисту, однак знижується вміст ТБК-активних продуктів і змінюється активність окремих ізозимів. Активність СОД1 у крові тварин II дослідної групи зростає вдвічі, а в III дослідній групі домінує СОД3. Встановлено, що за введення таурину дозами 10 та 20 мг/кг в 1,5–4,0 разу зростає активність КАТ1, КАТ2 та ГПОЗ. Крім того, у крові тварин I і III дослідних груп зростає відсотковий вміст альбумінів, проте знижується вміст преальбумінів, що вказує на інтенсифікацію обмінних процесів. У щурів II дослідної групи зростає вміст γ - та β -глобулінів, але знижується вміст преальбумінів. У складі спектру протеїнів крові у тварин I дослідної групи збільшується вміст ліпопротеїнів низької та дуже високої щільності, при цьому знижується вміст хіломікронів. У щурів III дослідної групи вміст хіломікронів, навпаки, зростає, але зменшується вміст ліпопротеїнів високої щільності.

Ключові слова: АНТИОКСИДАНТНИЙ ЗАХИСТ, КРОВ, ЩУРИ, СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗА, ГЛУТАТІОНПЕРОКСИДАЗА, КАТАЛАЗА, ТБК-АКТИВНІ ПРОДУКТИ, ЛІПОПРОТЕЇНИ, РОЗЧИННІ ПРОТЕЇНИ КРОВІ

INFLUENCE OF LOW DOSES OF TAURINE ON ANTIOXIDANT DEFENSE AND LIPOPROTEIN COMPOSITION IN RAT BLOOD

R. Ostapiv^{1,2}, Chr. Skyba¹, V. Manko¹
romostapiv@gmail.com

¹Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskiy str., Lviv 79005, Ukraine

²SCIVP of Veterinary Medical Products and Feed Additives,
11, Donetska str., Lviv 79019, Ukraine

The aim of our work was to investigate the influence of long-term peroral taurine injection on antioxidant defense and lipoprotein composition in rat blood. Studies were conducted on male 4 months old Wistar rats (n=16) with weight 140–160 g. Animals were divided into four groups (4 rats in each): control (animals were daily during 28 days injected drinking water in esophagus), and three experimental groups that were injected 5 (1st experimental group), 10 (2nd experimental group) and 20 mg (3rd experimental group) of taurine per kg of body weight. On the 29th day of experiment rats were decapitated, and in blood activity of enzymes and specific isoenzymes of antioxidant defense (superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase), content of TBA-active products, lipoprotein blood and soluble proteins composition were determined.

It was registered that long term per oral taurine injection does not influence the activity of antioxidant defense enzymes, though TBA-active products content decreases and activity of isoenzymes change. Activity of SOD1 in blood of

2nd experimental group animals increases in twofold, and in 3rd experimental group SOD3 dominates. It was determined that after injection of 10 and 20 mg/kg taurine the activity of CAT1, CAT2 and GPO3 increased 1.5–4 times. In blood of animals in 1st and 3rd experimental groups the content of albumins increases, but the content of prealbumins decreases. That may point on intensification of metabolism. In rats of 2nd experimental group the content of γ - and β -globulins increases, though the content of prealbumins decreases. In blood of 1st experimental group the content of lipoprotein of very high and low density increases, herewith content of chylomicrons decreases. On the contrary, in rats of 3rd experimental group chylomicrons content increases but the content of lipoproteins with very high density decreases.

Keywords: ANTIOXIDANT DEFENSE, BLOOD, RATS, SUPEROXIDE DISMUTASE, GLUTATHIONE PEROXIDASE, CATALASE, TBA-ACTIVE PRODUCTS, LIPOPROTEINS, BLOOD SOLUBLE PROTEINS

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ДОЗ ТАУРИНА НА АНТИОКСИДАНТНУЮ ЗАЩИТУ И ЛИПОПРОТЕИНОВЫЙ СОСТАВ КРОВИ КРЫС

Р. Остапів^{1,2}, Х. Скиба¹, В. Манько¹
romostapiv@gmail.com

¹Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Грушевского, 4, г. Львов, 79005, Украина

²ГНИКИ ветеринарных препаратов и кормовых добавок,
ул. Донецкая, 11, г. Львов, 79019, Украина

Целью работы было исследовать влияние длительного приема внутрь низких доз (5–20 мг/кг) таурина на антиоксидантную защиту и состав липопротеинов крови крыс. Исследования проведены на самцах крыс линии Wistar массой 140–160 г и возрастом 4 месяца. Животных разделяли на четыре группы: контрольную (n=4), крысам которой в течение 28 суток ежедневно вводили в пищевод питьевую воду (контроль) и три опытных (n=4), животным которых вводили таурин в дозах: I опытная группа — 5 мг/кг, II опытная группа — 10 мг/кг и III опытная группа — 20 мг/кг массы тела. На 29-е сутки эксперимента крыс декапитировали, отбирали кровь и определяли активность ферментов и активность отдельных изоэнзимов антиоксидантной защиты (супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы), содержание ТБК-активных продуктов, состав липопротеинов и растворимых протеинов крови.

В результате исследований выявлено, что длительное пероральное введение таурина не влияет на активность энзимов антиоксидантной защиты, однако снижается содержание ТБК-активных продуктов и изменяется активность отдельных изоэнзимов. Так, активность СОД1 в крови животных II опытной группы возрастает вдвое, а в III опытной группе доминирует СОД3. Установлено, что при введении таурина дозами 10 и 20 мг/кг в 1,5–4 раза повышается активность КАТ1, КАТ2 и ГПОЗ. Кроме того, в крови животных I и III опытных групп увеличивается содержание альбуминов, однако снижается содержание преальбуминов, что указывает на интенсификацию обменных процессов. У крыс II опытной группы возрастает содержание γ - и β -глобулинов, но снижается содержание преальбуминов. В составе спектра протеинов крови у животных II опытной группы увеличивается содержание липопротеинов низкой и очень высокой плотности, при этом снижается содержание хиломикронов. У крыс III опытной группы содержание хиломикронов, наоборот, увеличивается, но уменьшается липопротеинов высокой плотности.

Ключевые слова: АНТИОКСИДАНТНАЯ ЗАЩИТА, КРОВЬ, КРЫСЫ, СУПЕРОКСИД-ДИСМУТАЗА, ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗА, КАТАЛАЗА, ТБК-АКТИВНЫЕ ПРОДУКТЫ, ЛИПОПРОТЕИНЫ, РАСТВОРИМЫЕ ПРОТЕИНЫ КРОВИ

Відомо, що таурин може регулювати активність ензимів антиоксидантного захисту у крові [13]. У мишей з низьким рівнем таурину у крові знижувалась активність ензимів антиоксидантного захисту у цільній крові, печінці і селезінці та посилювались процеси утворення активних форм Оксигену і, як наслідок, збіль-

шувався вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів [5, 8]. Таурин підвищує активність ензимів антиоксидантного захисту в крові щурів за тривалого перорального введення (протягом 60 діб) у дозах 40–500 мг/кг [2]. За цих умов знижується вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів, що пов'язують зі зменшен-

ням виділення гіпохлориду нейтрофілами [2]. У дозах 50–200 мг/кг таурин використовують для нормалізації обмінних процесів у крові, печінці та нирках за отруєння важкими металами та іншими токсинами щурів, морських свинок і мишей [9]. Зокрема, після інтоксикації організму щурів іонами двовалентного Феруму та Кадмію 30-добове пероральне введення таурину в дозах 50 і 100 мг/кг спричиняло підвищення активності ензимів антиоксидантного захисту крові та зниження вмісту малонового діальдегіду [15]. Зниження вмісту продуктів пероксидного окиснення ліпідів та активних форм Оксигену, спричинене таурином, може призводити до зменшення вмісту насичених жирних кислот у мембранах клітин печінки щурів [18]. Крім цього, пероральне введення таурину протягом 30 діб у дозі 40 мг/кг спричиняло зниження до контрольного рівня концентрації холестерину в крові щурів, яких утримували на дієті з високим вмістом жирів [19].

Отже, таурин у високих дозах підвищує активність ензиматичної ланки антиоксидантного захисту крові. Проте не встановлено, чи малі дози таурину (5–20 мг/кг) проявляють подібний вплив. Тому метою роботи було дослідити вплив перорального введення низьких доз (5–20 мг/кг) таурину протягом 28 діб на активність ензимів антиоксидантного захисту крові щурів.

Матеріали і методи

Дослідження проведені на самцях щурів лінії *Wistar* (n=16) масою 140–160 г і віком 4 місяці. Тварин утримували в клітках у стандартних умовах віварію (температура 20–23 °C, вологість 50–60 %) з 12-годинним циклом день/ніч. Усі маніпуляції з тваринами проводили згідно з «Європейською конвенцією про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» і Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Після двотижневої акліматизації тварин розділяли на чотири групи: контрольну (n=4), якій протягом 28 діб щоденно вводили у стравохід питну воду, і три дослідні (n=4), яким вводили водний розчин таурину в дозах: I — 5 мг/кг, II — 10 мг/кг і III — 20 мг/кг

маси тіла. На 29-ту добу експерименту щурів декапітували під легким наркозом, відбирали кров у пробірку з гепарином і визначали активність супероксиддисмутази, використовуючи нітросиній тетразолій (СОД; $\lambda_{\text{abs}} = 540$ нм; МО/г гемоглобіну) [7], глутатіонпероксидази — за допомогою реактиву Елмана (ГПО; $\lambda_{\text{abs}} = 412$ нм; мкмоль GSH/хв×г гемоглобіну) [17], каталази — з молібдатом амонію (КАТ; $\lambda_{\text{abs}} = 410$ нм; мкмоль H_2O_2 /хв×г гемоглобіну) [12]. Кров центрифугували протягом 5 хв за 2000 g. Відбирали плазму крові, в якій визначали вміст продуктів пероксидного окиснення — з тіобарбітуровою кислотою (ТБК-активних продуктів; мкмоль/мг протеїну) [11]. Загальний вміст протеїну вимірювали за Lowry [14], гемоглобіну — гемігلوبінціанідним методом [20]. Ізозимний склад ензимів і розчинних протеїнів крові визначали елетрофорезом у поліакриламідному гелі (ПААГ): супероксиддисмутази та глутатіонпероксидази — у 10 % ПААГ з подальшим зафарбуванням за Beauchamp C. та Misra H. [4, 16], каталази та розчинних протеїнів плазми крові — у 7,5 % ПААГ з зафарбуванням, відповідно, за Wodbury W. [21] та Kholod V. [10]. Склад ліпопротеїнів досліджували електрофоретично у градієнті ПААГ: 3,0, 5,0, 7,5, та 10,0 % з попереднім фарбуванням зразків згідно з Vlizo V. [20]. Розраховану активність ізозимів ензимів антиоксидантного захисту визначали за формулою:

$$a_n = \frac{A \times [\text{ізозим } n]}{100 \%},$$

де A — загальна активність ензиму;
[ізозим n] — вміст відповідного ізозиму (%).

Аналіз результатів досліджень проведено методом варіаційної статистики з використанням програмного забезпечення *Microsoft Excel 2010* ($M \pm m$), вірогідність різниці даних була розрахована за двовибірковим t -критерієм Стюдента для незалежних вибірок [6].

Результати та обговорення

Виявлено, що за тривалого перорального введення таурину активність ензимів антиоксидантного захисту залишалась на рівні контролю (табл. 1).

Вплив таурину на активність ензимів антиоксидантного захисту та концентрацію продуктів пероксидного окиснення крові щурів

Effect of taurine on activity of antioxidant enzymes and lipid peroxidation products concentration in rat blood

Показник / Parameter	Група тварин / Animal group			
	Контроль Control	I (5 мг/кг) 1 st (5 mg/kg)	II (10 мг/кг) 2 nd (10 mg/kg)	III (20 мг/кг) 3 rd (20 mg/kg)
СОД, МО/г гемоглобіну SOD, UI/g of hemoglobin	0,53±0,06	0,50±0,06	0,50±0,03	0,61 ±0,05
ГПО, мкмоль GSH/хв×г гемоглобіну GPO, $\mu\text{mol GSH/min}\times\text{g of hemoglobin}$	8,69±0,40	8,59±0,97	7,65±0,35	9,07±0,68
КАТ, мкмоль $\text{H}_2\text{O}_2/\text{хв}\times\text{г гемоглобіну}$ CAT, $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min}\times\text{g of hemoglobin}$	24,1±1,16	21,9±3,17	21,9±0,88	27,1±2,99
ТБК-активні продукти, ммоль/мг протеїну TBA-active products, mmol/mg of protein	9,95±0,38	9,14±0,68	9,92±0,29	6,55±0,66*

Примітка: тут і далі статистично вірогідна різниця відносно показників контролю: * — $P<0,05$; ** — $P<0,01$.

Note: here and further statistically significant difference compared to control: * — $P<0.05$; ** — $P<0.01$.

Електрофорезом у 10 % ПААГ виявлено три ізоформи супероксиддисмутази, які за Beauchamp С. та Misra Н. [4, 16] є цитоплазматичними (рис. 1А).

Незважаючи на те, що активність супероксиддисмутази залишилась на рівні контролю, введення таурину спричинило зміни в активності ізоформів ензиму. У крові щурів II дослідної групи вдвічі зросла активність СОД1 і в стільки

ж разів зменшилась активність СОД2 (табл. 2). У крові тварин III дослідної групи домінувала СОД3, активність якої зросла в 1,7 разу порівняно з контролем.

Зафарбування пластин 10 %-го поліакриламідного гелю за Misra Н. [16] дозволило виявити три ізоформи глутатіонпероксидази (рис. 1Б). Пероральне введення таурину протягом 28 діб дозою 10 мг/кг призвело до зни-

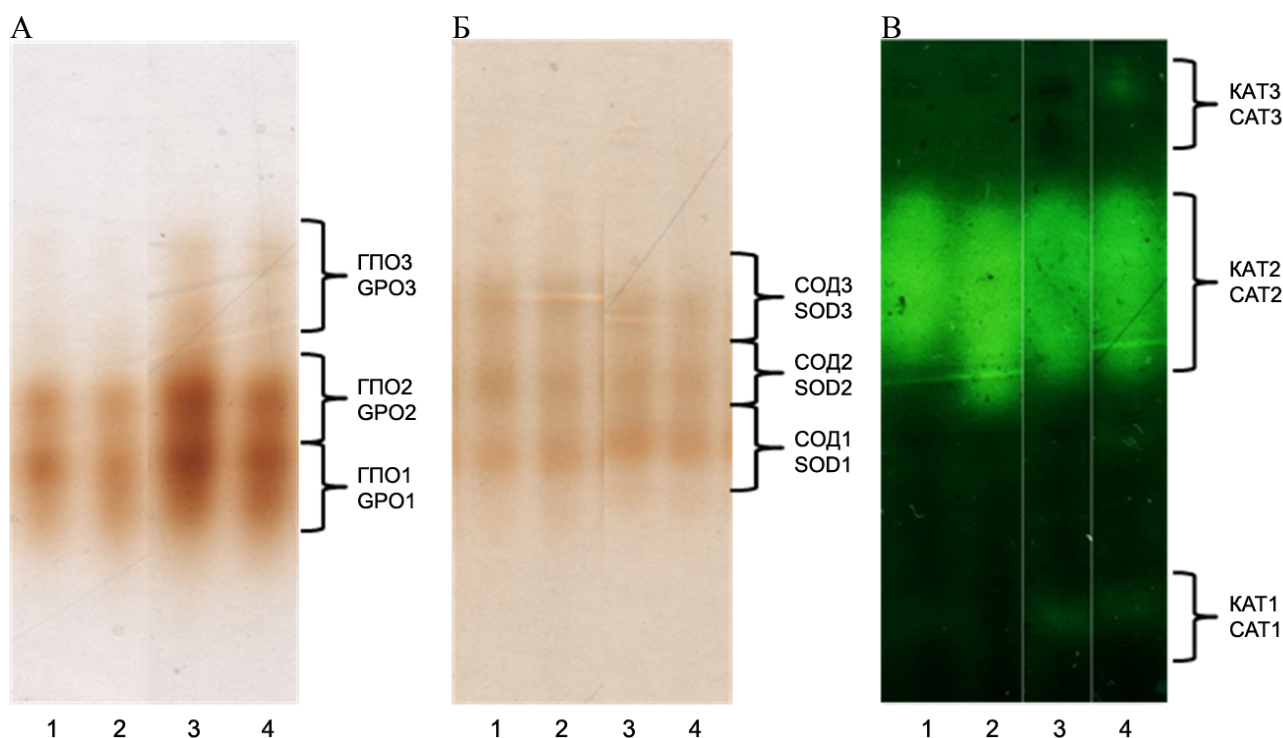


Рис. 1. Фореграми ізоформів СОД (А), ГПО (Б) та КАТ (В)

Fig. 1. Foreograms of SOD (A), GPO (B) and CAT (B) isozymes

Примітка: 1 — контроль; 2 — I дослідна група; 3 — II дослідна група; 4 — III дослідна група.

Note: 1 — control; 2 — 1st research group; 3 — 2nd research group; 4 — 3rd research group.

Таблиця 2

Вплив таурину на активність ізозимів ензимів антиоксидантного захисту крові щурів
Effect of taurine on activity of antioxidant enzymes isozymes in blood of rats

Показник Parameter	Група тварин / Animal group			
	Контроль Control	I (5 мг/кг) 1 st (5 mg/kg)	II (10 мг/кг) 2 nd (10 mg/kg)	III (20 мг/кг) 3 rd (20 mg/kg)
Супероксиддисмутаза (МО/г гемоглобіну) / Superoxidedismutase (UI/g of hemoglobin)				
СОД1 / SOD1	0,17±0,02	0,15±0,02	0,30±0,01**	0,14±0,02
СОД2 / SOD2	0,21±0,02	0,21±0,03	0,11±0,01*	0,19±0,01
СОД3 / SOD3	0,15±0,02	0,14±0,01	0,09±0,01	0,25±0,03*
Глутатіонпероксидаза (мкмоль GSH/г гемоглобіну) / GPO (μmol GSH/min×g of hemoglobin)				
ГПО1 / GPO1	6,30±0,27	5,80±0,67	5,25±0,28*	6,07±0,34
ГПО2 / GPO2	2,26±0,11	4,38±1,84	2,02±0,12	2,65±0,13
ГПО3 / GPO3	0,13±0,02	0,10±0,02	0,39±0,05**	0,36±0,03**
Каталаза (мкмоль H ₂ O ₂ /мін×г гемоглобіну) / CAT (μmol H ₂ O ₂ /min×g of hemoglobin)				
КАТ1 / CAT1	0,34±0,07	0,37±0,06	1,38±0,19**	4,39±0,50***
КАТ2 / CAT2	23,38±1,11	22,56±2,68	18,36±0,84*	18,11±1,49*
КАТ3 / CAT3	0,40±0,09*	0,58±0,04	1,58±0,15**	3,74±0,54**

ження на 16,7 % активності ГПО1. При цьому у тварин II та III дослідних груп в три рази зростає активність ГПО3.

Після зафарбування пластин 7,5 %-го поліакриламідного гелю за Woodbury [20] виявлено три ізоформи каталази (рис. 1В). Незважаючи на те, що активність каталази у крові щурів II дослідної групи вірогідно не відрізнялась від контролю, відбулись зміни активності окремих ізоформ. Зокрема, активності КАТ1 та КАТ3 зросли майже у 3 і 4 рази відносно контрольних значень, а активність КАТ2, навпаки, знизилась на 21,5 %. У крові тварин III дослідної групи активності КАТ1 та КАТ3 зросли у понад 9 разів, а активність КАТ2 була на 22,5 % нижча порівняно з контролем.

З літературних джерел відомо, що таурин, взаємодіючи з гіпохлоридом, може знижувати вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів [1, 8, 9]. Наші дослідження підтверджують це, оскільки пероральне введення таурину у дозі 20 мг/кг протягом 28 діб на 34,2 % знижує вміст ТБК-активних продуктів (див. табл. 1).

На електрофореграмах білків плазми у 7,5 %-му ПААГ виявлено п'ять основних фракцій розчинних протеїнів крові (рис. 2А).

Встановлено, що відсотковий вміст преальбумінів є удвічі нижчим у тварин усіх дослідних груп порівняно з контролем, що підтверджує сповільнення процесів пероксидного окиснення в організмі тварин (табл. 3).

У крові тварин I та III дослідних груп на 4,5 та 7,8 % зростає вміст альбумінів — протеїнів, що транспортують більшість речовин в організмі хребетних тварин. У цих же дослідних групах на 4,9 й 1,3 % зростає й вміст γ-глобулінів — фракції протеїнів, до якої належать антитіла [10]. Натомість у щурів всіх дослідних груп вміст α-глобулінів на 4,3–4,7 % нижчий порівняно з контролем.

У плазмі крові щурів виявлено п'ять основних груп ліпопротеїнів (ЛП): хіломікрони (ХМ), дуже низької щільності (ДНЦЛП), низької щільності (НЦЛП), високої щільності (ВЦЛП), дуже високої щільності (ДВЦЛП) (рис. 2Б).

Відомо, що таурин здатний змінювати ліпідний склад мембран, збільшуючи кількість ненасичених жирних кислот у ліпопротеїнах, а також знижувати кількість холестерину в крові [18]. Нашими дослідженнями встановлено, що у крові тварин II та III дослідних груп вміст ліпопротеїнів високої щільності на 3,4 та 6,6 % нижчий, ніж у контролі, що вказує на сповільнення розщеплення ліпід-протеїнових комплексів і понижене руйнування ліпідів клітин, органів і тканин організму тварин (табл. 4).

У крові тварин I дослідної групи на 3,6 і 4,8 % зростає вміст ліпопротеїнів низької та дуже високої щільності, при цьому на 9,1 % знижується вміст хіломікронів — ліпопротеїнів, які переносять ліпіди від кишечника до ін-

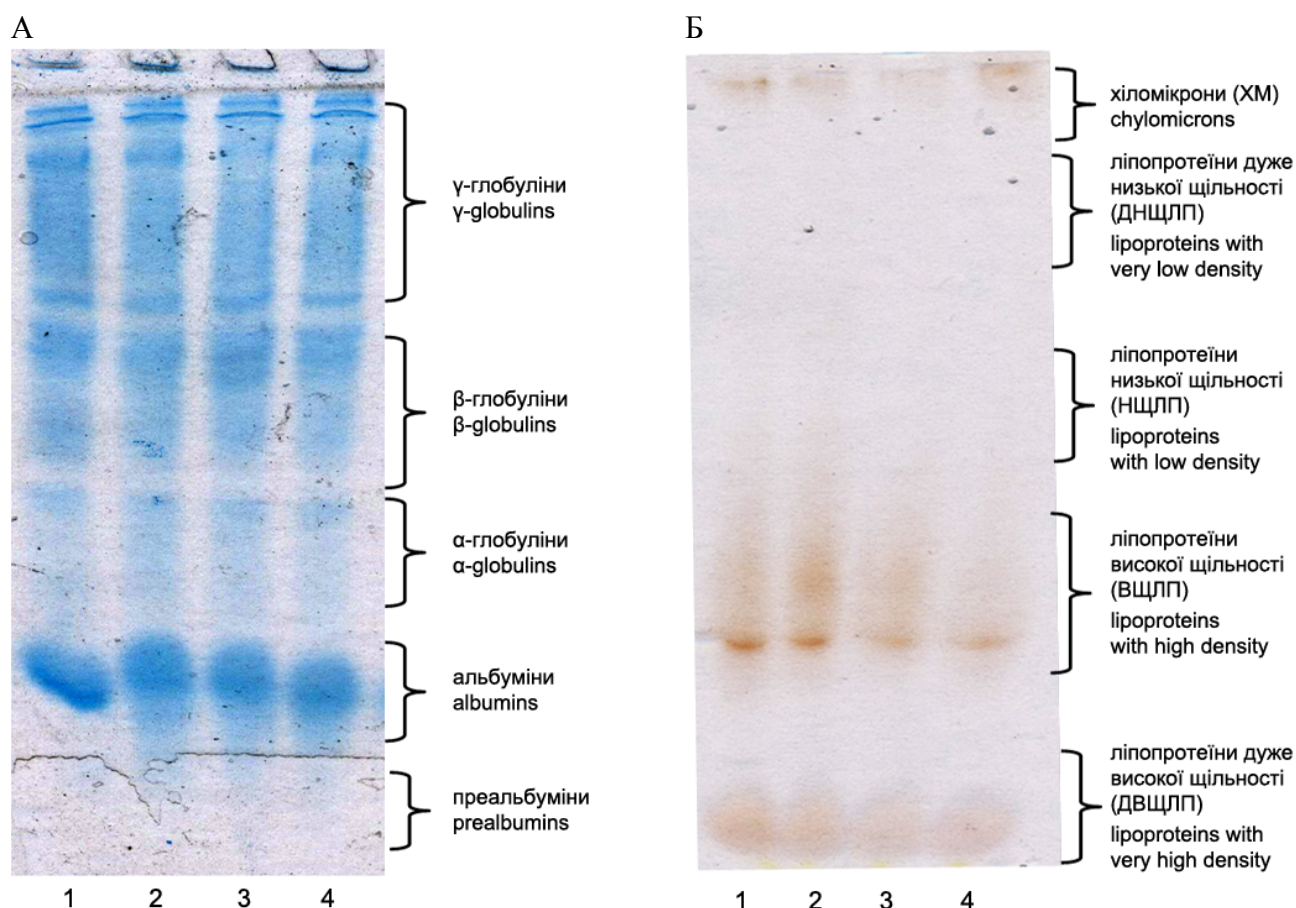


Рис. 2 Фореграми розчинних протеїнів (А) та ліпопротеїнів (Б) сироватки крові

Fig. 2 Foreograms of soluble proteins (A) and lipoproteins (Б) of blood serum

Примітка: 1 — контрольна група; 2 — I дослідна група; 3 — II дослідна група; 4 — III дослідна група.

Note: 1 — control; 2 — 1st research group; 3 — 2nd research group; 4 — 3rd research group.

Таблиця 3

Співвідношення фракцій розчинних білків крові щурів за введення таурину (% , $M \pm m$)

Influence of taurine administration on ratio of blood soluble proteins fractions (% , $M \pm m$)

Показник	Група тварин / Animal group			
	Контроль Control	I (5 мг/кг) 1 st (5 mg/kg)	II (10 мг/кг) 2 nd (10 mg/kg)	III (20 мг/кг) 3 rd (20 mg/kg)
Преальбуміни / Prealbumins	9,93±0,88	3,48±0,35**	4,50±0,32**	4,93±0,28**
Альбуміни / Albumins	43,61±1,02	48,10±1,18*	45,85±1,19	51,36±1,98*
α-глобуліни / α-globulins	12,93±1,08	8,38±0,95*	8,67±0,48*	8,24±0,88*
β-глобуліни / β-globulins	14,86±0,12	15,51±0,82	16,82±0,80*	14,98±0,86
γ-глобуліни / γ-globulins	19,14±0,40	24,05±1,61*	24,16±1,39*	20,48±1,39

Таблиця 4

Вплив таурину на ліпопротеїновий склад крові щурів, %, $M \pm m$

Effect of taurine on rat blood lipoprotein composition, %, $M \pm m$

Показник / Parameter	Група тварин / Animal group			
	Контроль Control	I (5 мг/кг) 1 st (5 mg/kg)	II (10 мг/кг) 2 nd (10 mg/kg)	III (20 мг/кг) 3 rd (20 mg/kg)
ЛПДВЩ / LPVHD	10,91±0,62	15,73±1,45*	10,84±0,48	8,17±1,61
ЛПВЩ / LPHD	15,89±0,97	14,88±1,63	12,53±0,78*	9,27±0,63*
ЛПНЩ / LPLD	10,93±0,59	14,52±0,59*	11,91±0,76	10,12±0,74
ЛПДНЩ / LPVLD	10,42±1,32	12,12±0,43	13,31±0,58	11,20±0,60
Хіломікрони / Chylomicrons	51,86±1,32	42,75±3,34*	51,41±0,72	61,26±0,63*

ших органів та тканин організму [19]. У щурів III дослідної групи вміст хіломікронів, навпаки, на 9,4 % зростає, але вміст ліпопротеїнів високої щільності знижується на 6,6 % порівняно з контролем.

Висновки

1. Тривале пероральне введення таурину у дозах 5-20 мг/кг не впливає на активність ензимів антиоксидантного захисту, однак відбувається перерозподіл їх ізозимів, а також знижується вміст ТБК-активних продуктів за дози 20 мг/кг.

2. У крові тварин зареєстроване зниження вмісту преальбумінів у тварин усіх дослідних груп та зростання альбумінів у тварин I та III дослідних груп.

3. Виявлено, що у крові тварин I дослідної групи зростає вміст ліпопротеїнів низької та дуже високої щільності за зниження вмісту хіломікронів. У щурів III дослідної групи вміст хіломікронів, навпаки, зростає, але знижується вміст ліпопротеїнів високої щільності.

Перспективи подальших досліджень.

Доцільно вивчити активність і вміст ізозимів лактатдегідрогенази, малатдегідрогенази, аспартат- та аланінамінотрансфераз організму тварин за введення низьких доз таурину.

1. Ahmed M. A. Amelioration of nandrolone decanoate-induced testicular and sperm toxicity in rats by taurine: Effects on steroidogenesis, redox and inflammatory cascades, and intrinsic apoptotic pathway. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2015, vol. 282, pp. 285–296.

2. Anand P., Rajakumar D., Jeraud M., Felix A. J. Effects of taurine on glutathione peroxidase, glutathione reductase and reduced glutathione levels in rats. *Pakist. J. Biol. Scien.*, 2011, vol. 14, pp. 219–225.

3. Aruoma O. I., Halliwell B., Hoey B. M., Butler J. The antioxidant action of taurine, hypotaurine and their metabolic precursors. *Biochem. J.*, 1988, vol. 256, pp. 251–255.

4. Beauchamp C., Fridovich I. Superoxide dismutase: improved assays and assays applicable to acrylamide gels. *Analyt. Biochem.*, 1971, vol. 44, pp. 276–287.

5. De la Puerta C., Arrieta F. J., Balsa J. A., Botella-Carretero J. I. Taurine and glucose metabolism: a review. *Nutr. Hosp.*, 2010, vol. 25, pp. 910–919.

6. Derkach M. P., Humetsky R. Ya., Chaban M. Ye. *Course of variational statistics*. Kyiv, High school, 1977, 210 p. (in Ukrainian)

7. Dubinina Ye. Ye., Salnikova L. Ya., Yefimova L. F. The activity and isoenzyme spectrum of SOD of erythrocytes. *Laboratory work*, 1983, no. 10, pp. 30–33. (in Russian)

8. Hansen S. H., Birkedal H., Wibrand F., Grunnet N. Taurine and regulation of mitochondrial metabolism. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 2015, vol. 803, pp. 397–405.

9. Huxtable R. J. Physiological actions of taurine. *Phys. rev.*, 1992, vol. 72, pp. 101–160.

10. Kholod V. M. *Proteins of blood serum in clinical and experimental veterinary*. Minsk, Uradzay, 1983, 78 p. (in Russian)

11. Korabeynikova S. N. Modification of LPO determination in the reaction with TBA. *Laboratory work*, 1989, no. 7, pp. 8–10. (in Russian)

12. Korolyuk M. A., Ivanova L. Y., Mayorova Y. H., Tokaryev V. E. Method for the determination of catalase activity. *Laboratory work*, 1983, no. 10, pp. 16–18. (in Russian)

13. Lambert I. H., Kristensen D. M., Holm J. B., Mortensen O. H. Physiological role of taurine — from organism to organelle. *Acta Physiol.*, 2015, vol. 203, pp. 191–202.

14. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Fair A. L. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 1951, vol. 193, pp. 264–275.

15. Manna P., Sinha M., Sil P. C. Taurine plays a beneficial role against cadmium-induced oxidative renal dysfunction. *Amino Acids*, 2009, vol. 36, pp. 417–428.

16. Mishra H., Fridovich I. Superoxide dismutase and peroxidase: a positive activity stain applicable to polyacrylamide gel electropherograms. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1977, vol. 183, pp. 511–515.

17. Moin V. M. A simple and specific method for determining the activity of glutathione peroxidase in erythrocytes. *Laboratory work*, 1986, no. 12, pp. 724–727. (in Russian)

18. Nandhini A. T., Anuradha C. V. Taurine modulates kallikrein activity and glucose metabolism in insulin resistant rats. *Amino Acids*, 2002, vol. 22, pp. 27–38.

19. Nandhini A. T., Balakrishnana S. D., Anuradha C. V. Taurine improves lipid profile in rats fed a high fructose-diet. *Nutr. Res.*, 2012, vol. 22, pp. 343–354.

20. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B. *Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine*. Lviv, 2012, 764 p. (in Ukrainian)

21. Wodbury W., Spencer A. K., Stahmann M. A. An improved procedure using ferricyanide for detecting catalase isozymes. *Analyt. Biochem.*, 1971, vol. 44, no. 1, pp. 301–305.