

СТАН ЕРИТРОЦИТАРНИХ МЕМБРАН ТА ЕНДОГЕННОЇ ІНТОКСИКАЦІЇ ЕРИТРОЦИТІВ ЗА УМОВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАПОЮ

Вступ. У світі, насиченому постійними викликами та завданнями, енергетичні напої стають не лише засобом зарядження енергією, але й символом сучасного способу життя. Вони відображають потребу людей у швидкій та ефективній формі підвищення працездатності й концентрації у повсякденному житті. Проте, разом з підвищенням популярності енергетичних напоїв, зростає й увага до їх впливу на здоров'я. Обговорюються питання щодо безпеки та ефективності споживання енергетичних напоїв, а також можливі наслідки для організму внаслідок надмірного використання.

Мета дослідження – дослідити вплив енергетичного напою на стан еритроцитарних мембран та ендогенної інтоксикації.

Методи дослідження. Дослідження виконано на щурах-самцях лінії Вістар, які перебували у віварії за відповідних умов освітлення, температурного режиму, вологості й стандартного раціону. Забір матеріалу проведено при використанні наркозу (внутрішньом'язово тіопентал-натрію, 60 мг/кг). Піддослідних тварин поділили на чотири групи: 1-ша – отримувала питну воду (інтактний контроль); 2-га – одержувала енергетичний напій упродовж місяця, забір матеріалу здійснено на 1-шу добу після завершення експерименту; 3-тя – отримувала енергетичний напій упродовж місяця, забір матеріалу проведено на 20-ту добу після завершення експерименту; 4-та – одержувала енергетичний напій упродовж місяця, забір матеріалу здійснено на 30-ту добу після завершення експерименту. Функціональний стан плазматичних мембран еритроцитів оцінювали шляхом визначення кислотної резистентності еритроцитів кінетичним методом, стан ендогенної інтоксикації – за еритроцитарним індексом інтоксикації та вмістом молекул середньої маси. Еритроцитарний індекс інтоксикації визначали в реакції з метиленовою синькою, вміст молекул середньої маси – спектрофотометрично після осадження протеїнів за допомогою трихлороцтової кислоти.

Результати й обговорення. Дослідження кислотної резистентності еритроцитів та показників ендогенної інтоксикації за умов споживання енергетичного напою показало порушення структури мембран еритроцитів і підвищення вмісту молекул середньої маси й еритроцитарного індексу інтоксикації.

Висновки. Отримані результати свідчать про розвиток ендогенної інтоксикації та зростання сумарного токсичного впливу на мембрани еритроцитів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лабораторні щури; енергетичний напій; еритроцитарні мембрани; молекули середньої маси; еритроцитарний індекс інтоксикації.

ВСТУП. Енергетичні напої – це популярний тип напоїв, який здатний надати швидкого заряду енергії та підвищити бадьорість. Вони завоюють усе більшу популярність серед людей, які шукають способи підтримувати активний спосіб життя та підвищувати свою продуктивність. Чоловіки віком від 18 до 34 років та підлітки віком від 12 до 17 років є найбільшою групою споживачів енергетичних напоїв, які використовують їх регулярно [1]. Хоча застосування цих напоїв може бути корисним у певних ситуаціях, важливо розуміти вміст їх компонентів, вплив на здоров'я та правильний спосіб споживання. Основні складові енергетичних напоїв включають кофеїн, таурин, гуарану, вітаміни групи В та інші стимулювальні речовини. Кофеїн, який є одним з найпоширеніших інгредієнтів, допомагає підвищити бадьорість і концентрацію, збільшує швидкість реакцій та покращує настрій [2]. Таурин, інший активний компонент, має стимулювальні властивості, сприяючи підвищенню витривалості та зменшенню втоми [3]. Вітаміни групи В є активаторами ферментів, які сприяють утворенню енергії в організмі та підтримують нормальне функціонування нервової системи. Більшість енергетичних напоїв також містить значну кількість цукру або інших солодких добавок для швидкого вивільнення енергії, але надмірне споживання вуглеводів може призвести

© Х. Ю. Парцей, П. Г. Лихацький, 2024.

до ожиріння, карієсу [4]. Варто зауважити, що, хоча енергетичні напої можуть забезпечити швидкий заряд енергії, надмірне їх споживання може мати негативні наслідки, такі, як безсоння, тривога та інші проблеми зі здоров'ям [5]. Побічні реакції і токсичність енергетичних напоїв зазвичай пов'язані з високими дозами кофеїну [6]. Ендогенна інтоксикація виникає через надмірне накопичення продуктів метаболізму, що може мати токсичний вплив на клітини і тканини, поглиблюючи патологічні процеси в організмі. Ключовими показниками ендогенної інтоксикації є молекули середньої маси (МСМ) та еритроцитарний індекс інтоксикації (ЕІІ) [7]. На думку багатьох дослідників, підвищення рівня МСМ є маркером ендогенної інтоксикації, тоді як зростання ЕІІ свідчить про збільшення проникності мембран еритроцитів, що може призводити до їх цитолізу [8, 9]. Зміни, що виникають у результаті порушення метаболізму еритроцитів, зниження антиоксидантного захисту, а також активації, спричинені споживанням енергетика [10], можуть викликати утворення білок-білкових зшивок у мембрані еритроцитів, що зумовлює збільшення жорсткості мембрани та її деформації. Структурні зміни в мембранах еритроцитів призводять до прискореного процесу їх старіння. Порушення цілісності мембран еритроцитів може вплинути на баланс окси-/мет-/сульф-/дезоксигемоглобіну, що спричиняє розвиток гіпоксії [11].

З огляду на це, метою роботи було дослідити вплив енергетичного напою на стан еритроцитарних мембран та ендогенної інтоксикації.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Експериментальні дослідження проведено на білих щурах лінії Вістар масою 150–220 г, які перебували в умовах віварію. Під час виконання біохімічних досліджень було дотримано відповідних етичних і законодавчих норм та вимог стосовно утримання тварин, їх харчування і проведення маніпуляцій: Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986); наказу “Про заходи щодо подальшого вдосконалення організації форм роботи з використанням експериментальних тварин”; положення Загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухваленого на Першому національному конгресі з біоетики (Київ, 2001); Закону України “Про захист тварин від жорстокого поводження” (2010). Забір матеріалу проведено за умов використання наркозу (внутрішньом'язово тіопентал-натрію, 60 мг/кг). Піддослідних тварин поділили на чотири групи: 1-ша – отримувала питну воду (інтактний контроль); 2-га – одержувала

енергетичний напій упродовж місяця, забір матеріалу здійснено на 1-шу добу після завершення експерименту; 3-тя – отримувала енергетичний напій упродовж місяця, забір матеріалу проведено на 20-ту добу після завершення експерименту; 4-та – одержувала енергетичний напій упродовж місяця, забір матеріалу здійснено на 30-ту добу після завершення експерименту.

Функціональний стан плазматичних мембран еритроцитів оцінювали шляхом визначення кислотної резистентності еритроцитів кінетичним методом [12], стан ендогенної інтоксикації – за еритроцитарним індексом інтоксикації (ЕІІ) та вмістом молекул середньої маси (МСМ). Еритроцитарний індекс інтоксикації визначали в реакції з метиленовою синькою [13], в основі якої лежить уявлення про еритроцит як адсорбент, тобто здатність еритроцитарної мембрани поглинати і пропускати забарвлені речовини (метиленовий синій). Вміст МСМ визначали спектрофотометрично при довжинах хвиль 254 нм (продукти неповного розпаду протеїнів) та 280 нм (ароматичні амінокислоти) після осадження протеїнів за допомогою трихлороцтової кислоти [13].

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ. Для характеристики функціонального стану мембран еритроцитів ми вивчали параметри кислотної резистентності. Мірою стійкості еритроцита є тривалість його існування в середовищі з гемолітиком. При гемолізі, який ініційований низьким значенням рН, змінюються колоїдно-осмотичні параметри внаслідок порушення вибіркової проникності мембран. Результати дослідження розподілу популяції еритроцитів за стійкістю до дії іонів H^+ при споживанні енергетика наведено в таблиці 1.

Як свідчать наведені дані, за умов споживання енергетика відбувалися істотні зміни в популяції циркулюючих еритроцитів у крові. Зокрема, на 1-шу добу після завершення споживання енергетичного напою зростав рівень низькостійких еритроцитів на 77 % ($p < 0,05$) на тлі зниження рівня середньостійких – на 16 % ($p < 0,05$), еритроцитів підвищеної стійкості – на 42 % ($p < 0,001$), високостійких – на 61 % ($p < 0,001$) порівняно з інтактним контролем. У наступні періоди експерименту, а саме на 20-ту і 30-ту доби, спостерігали зменшення рівня низькостійких еритроцитів на 59–61 % ($p < 0,05$, $p < 0,001$), середньостійких – на 15–34 % відповідно на тлі збільшення рівня еритроцитів підвищеної стійкості в 11–15 разів ($p < 0,05$), високостійких – у 5,2–4,5 раза ($p < 0,001$) відповідно порівняно з інтактним контролем.

Таблиця 1 – Параметри кислотних еритрограм за умов споживання енергетика, % (M±m, n=7)

Період експерименту	Сферуляція	Низькостійкі еритроцити	Середньостійкі еритроцити	Еритроцити підвищеної стійкості	Високостійкі еритроцити
Інтактний контроль	4,09±1,65	25,52±4,92	64,41±5,20	2,36±0,53	0,75±0,15
1-ша доба	7,01±2,18*	45,21±15,16*	54,31±4,37*	1,37±0,20**	0,29±0,09**
20-та доба	5,83±0,95*	10,55±5,10**#	54,94±19,45	24,65±16,15* &	3,88±4,91
30-та доба	5,48±0,89	15,44±8,28*#	42,74±27,83	34,81±27,11* &	3,35±1,68**#

Примітки. Тут і в таблиці 2:

- * – p<0,05, ** – p<0,001 – достовірність порівняно з показниками інтактного контролю.
- & – p<0,05, # – p<0,001 – достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

Порівняльний аналіз результатів дослідження на 20-ту і 30-ту доби з показниками тварин на 1-шу добу після завершення споживання енергетичного напою показав істотне зниження рівня низькостійких еритроцитів – у 4,29 та 2,91 раза відповідно на тлі зростання рівня еритроцитів підвищеної стійкості – в 17,99 і 25,40 раза, високостійких – у 13,38 та 11,55 раза.

Такі зміни можуть бути зумовлені накопиченням продуктів пероксидації протеїнів та ліпідів у еритроцитах, які ми отримали в попередніх дослідженнях [13] та які можуть спричинити розвиток ендогенної інтоксикації.

Для оцінки ендогенної інтоксикації інформативним показником є еритроцитарний індекс інтоксикації. Отримані дані (рис.) свідчать про зростання ЕІІ на 1-шу, 20-ту і 30-ту доби на 108 % (p<0,001), 53 % (p<0,001) та 28 % (p<0,001) відповідно порівняно з інтактним контролем.

Упродовж часу спостереження ЕІІ мав тенденцію до зниження, однак навіть на момент завершення експерименту залишався достовірно вищим (p<0,001) за показники тварин групи інтактного контролю.

Інтенсифікацію процесів ендогенної інтоксикації за умов споживання енергетичного напою підтвердили результати досліджень МСМ (табл. 2).

Так, на 1-шу, 20-ту і 30-ту доби достовірно зростає рівень МСМ₂₅₄ на 35 % (p<0,001), 12 % (p<0,05) та 6 % (p<0,05) відповідно порівняно з інтактним контролем. Також спостерігали збільшення рівня МСМ₂₈₀ на 1-шу, 20-ту і 30-ту доби

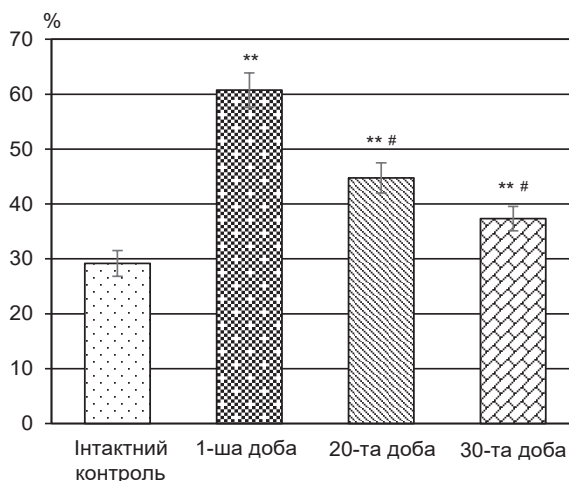


Рис. Рівень ендогенної інтоксикації еритроцитів експериментальних тварин за умов споживання енергетика.

Примітки:

- ** – p<0,001 – достовірність порівняно з показниками інтактного контролю.
- # – p<0,001 – достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

на 377 % (p<0,001), 114 % (p<0,001) та 41 % (p<0,001) відповідно порівняно з інтактним контролем. Відомо, що накопичення МСМ залежить від інтенсивності протеолізу протеїнів та зменшення швидкості їх виведення через органи дезінтоксикації. Після припинення споживання енергетика рівень МСМ₂₅₄ знижувався на 20-ту і 30-ту доби на 17 % (p<0,05) та 21 % (p<0,05), рівень МСМ₂₈₀ – на 63 % (p<0,001) і 70 % (p<0,001) відносно показників у тварин на 1-шу добу спостереження.

Таблиця 2 – Стан ендогенної інтоксикації еритроцитів лабораторних щурів за умов споживання енергетика (M±m, n=7)

Період експерименту	Показник	
	МСМ ₂₅₄ , ум. од.	МСМ ₂₈₀ , ум. од.
Інтактний контроль	0,108±0,006	0,017±0,002
1-ша доба	0,145±0,017**	0,081±0,017**
20-та доба	0,121±0,007* &	0,030±0,004*#
30-та доба	0,114±0,004* &	0,024±0,003*#

ВИСНОВКИ. Зміни в популяції циркулюючих еритроцитів за умов споживання енергетичного напою можуть бути зумовлені накопиченням

в еритроцитах МСМ₂₅₄ та МСМ₂₈₀, що підтверджується ЕІІ й може спричинити розвиток гіпоксії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- García A. Acute effects of energy drinks in medical students / A. García, C. Romero, C. Arroyave [et al.] // *European Journal of Nutrition*. – 2016. – No. 56. – P. 2081–2091.
- The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. / J. Grgic, P. Mikulic, B. Schoenfeld [et al.] // *Sports Medicine*. – 2018. – No. 49. – P. 17–30.
- Ehab Y. Elbendary The Effects of Energy Drink Consumption on Kidney and Liver Function: A Comparative Study/ Ehab Y. Elbendary, Madyha H. Mahmoud, Samia F. Salem, Asma M. Farah // *Journal of Biosciences and Medicines*. – 2023. – No. 3. – P. 171–181.
- The metabolic disorders associated with chronic consumption of soft and energy drinks in rats / H. Eltahir, G. Alamri, A. Alamri [et al.] // *Acta Biochimica Polonica*. – 2020. – No. 67 (1). – P. 79–84.
- The Dark Side of Energy Drinks: A Comprehensive Review of Their Impact on the Human Body / A. Costantino, A. Maiese, J. Lazzari [et al.] // *Nutrients*. 2023. – No. 15. – P. 3922.
- Caffeinated energy drink consumption among adolescents and potential health consequences associated with their use: a significant public health hazard / V. De Sanctis, N. Soliman, A. Soliman [et al.] // *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*. – 2017. – No. 88 (2). – P. 222–231.
- Показники ендогенної інтоксикації у хворих на хронічний гнійний верхньощелепний синусит із цукровим діабетом 1-го типу / О. О. Мазур, О. А. Оленович, О. Г. Плаксивий [та ін.] // *Буковин. мед. вісн.* – 2017. – № 1 (81). – С. 76–80.
- Діагностичне значення лабораторних показників ендогенної інтоксикації при негоспітальній пневмонії / С. М. Андрейчин, Н. А. Бількевич, Т. Ю. Чернець [та ін.] // *Здобутки клініч. і експерим. медицини*. – 2017. – № 3. – С. 18–21.
- Бевзо В. В. Рівень ендогенної інтоксикації щурів за умов експериментальної нефропатії та застосування відновленого глутатіону / В. В. Бевзо // *Укр. журн. медицини, біології та спорту*. – 2021. – № 6. – С. 63–68.
- Status of pro- and antioxidant system of rats under conditions of energy drink consumption / K. Partsei, H. Ersteniuk, S. Shkurashivska [et al.] // *Medicine and Biology*. – 2023. – No. 1 (83). – P. 218–223.
- Quercetin and histamine effects on free radical reactions in rat erythrocytes / N. Harasym, M. Booklyv, A. Zyn [et al.] // *Ukrainian Biochemical Journal*. – 2021. – No. 93. – P. 96–103.
- Стан еритроцитарних мембран та гематологічні індекси щурів за умов споживання енергетичного напою / Х. Ю. Парцей, М. Б. Артиш, Н. І. Литвинюк [та ін.] // *Укр. журн. медицини, біології та спорту*. – 2017. – № 2. – С. 88–91.
- Розвиток ендогенної інтоксикації у щурів за умов нітритно-тютюнового токсикозу після застосування карболайну / П. Г. Лихацький, В. Д. Фіра, Л. С. Фіра, Л. А. Бойко // *Вісн. мед. і біол. дослідж.* – 2022. – № 4. – С. 57–63.

REFERENCES

- García, A., Romero, C., Arroyave, C., Giraldo, F., Sánchez, L., & Sánchez, J. (2016). Acute effects of energy drinks in medical students. *European Journal of Nutrition*. Springer Science and Business Media LLC, 56, 2081-2091. Available from:
- Grgic, J., Mikulic, P., Schoenfeld, B.J., Bishop, D.J., & Pedisic, Z. (2018). The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports Medicine*, 49, 17-30.
- Elbendary, Ehab Y., Mahmoud, Madyha H., Salem, Samia F., & Farah, Asma M. (2023). The Effects of Energy Drink Consumption on Kidney and Liver Function: A Comparative Study. *Journal of Biosciences and Medicines*, 3, 171-181.
- Eltahir, H.M., Alamri, G., Alamri, A., Aloufi, A., Nazmy, M., & Elbadawy, H. (2020). The metabolic disorders associated with chronic consumption of soft and energy drinks in rats. *Acta Biochimica Polonica*, 67 (1), 79-84.
- Costantino, A., Maiese, A., Lazzari, J., Casula, C., Turillazzi, E., & Frati, P. (2023). The Dark Side of Energy Drinks: A Comprehensive Review of Their Impact on the Human Body. *Nutrients*, 15, 3922.
- De Sanctis, V., Soliman, N., Soliman, A., Elsedfy, H., Di Maio, S., El Kholy, M. (2017). Caffeinated energy drink consumption among adolescents and potential health consequences associated with their use: a significant public health hazard. *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*, 88, 222-231.
- Mazur, O.O., Olenovych, O.A., & Plaksyvyi O.H. (2017). Indicators of endogenous intoxication in patients with chronic purulent maxillary sinusitis with type 1 diabetes. *Bukovynskyi medychnyi visnyk*, 1 (81), 76-80 [in Ukrainian].
- Andreychyn, S.M., Bilkevych, N.A., Chernets, T.Yu., Vereshchagina, N.Ya., Kavetska, N.A., & Ruda, M.M. (2017). Diagnostic value of laboratory indicators of endogenous intoxication in community-acquired pneumonia. *Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny*, 3, 18-21 [in Ukrainian].
- Bevzo, V.V. (2021). Rat Endogenous Intoxication Level under Experimental Nephropathy and Reduced Glutathione Application in Trans-carpathia. *Ukr. Journ. of Medicine, Biology and Sport*, 6, 63-68 [in Ukrainian].
- Partsei, K., Artysh, M., Lytvyniuk, H., Slobodian, Z., & Ersteniuk, A. (2017). State of Erythrocytic Membranes and Hematological Indices of Rats under Conditions of Energy Drinks Consumption. *Ukr. Journ. of Medicine, Biology and Sport*, 2, 188-191 [in Ukrainian].
- Harasym, N.P., Booklyv, M.Y., Zyn, A.R., Mandzynets, S.M., & Bezkorovainy, A.O. (2021). Quercetin and histamine effects on free radical reactions in rat erythrocytes. *Ukrainian Biochemical Journal*, 93, 96-103.

12. Partsei, K. Yu, Ersteniuk, H.M., Shkurashivska, S.V., Kindrat, I.P., & Senchiy, V.M. (2023). Status of pro- and antioxidant system of rats under conditions of energy drink consumption. *World of Medicine and Biology*, 1(83), 218-23.

13. Lykhatskyi, P.H., Fira, V.D., Fira, L.S., & Boyko, L.A. (2022). Development of endogenous intoxication in rats under nitrite tobacco toxicosis after carboline application in Transcarpathia. *Bulletin of Medical and Biological Research*, 4, 57-63 [in Ukrainian].

Отримано 05.02.2024

Адреса для листування: П. Г. Лихацький, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, майдан Воли, 1, Тернопіль, 46001, Україна, e-mail: luhatsky@tdmu.edu.ua.

Kh. Yu. Partsei¹, P. H. Lykhatskyi²

¹IVANO-FRANKIVSK NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

²I. HORBACHEVSKY TERNOPII NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

STATE OF ERYTHROCYTE MEMBRANES AND ENDOGENOUS ERYTHROCYTE INTOXICATION UNDER CONDITIONS OF ENERGY DRINK CONSUMPTION

Summary

Introduction. In a world full of constant challenges and tasks, energy drinks are becoming not only a means of recharging energy, but also a symbol of modern lifestyle. They reflect people's need for a quick and effective way to increase productivity and concentration in everyday life. However, along with the increasing popularity of energy drinks, attention to their impact on health is also growing. Questions regarding the safety and effectiveness of energy drinks are discussed, as well as possible consequences for the body due to excessive consumption.

The aim of the study – to investigate the effect of an energy drink on the state of erythrocyte membranes and endogenous intoxication.

Research Methods. The study was conducted using male Wistar rats, which were kept in the vivarium under appropriate lighting conditions, temperature, humidity and standard diet. All animals had free access to feed (based on daily requirements) and water (based on 20 ml of water per rat per day). The amount of standard feed consumed for laboratory animals was determined by its residue in the feeder. Control over the growth and development of animals was performed by weighing them at the beginning and at the end of the experiments. The experimental animals were divided into four groups: 1st group – received drinking water (intact control); 2nd group – received an energy drink for a month and the collection of material was carried out on the 1th day at the end of the experiment; 3rd group – received an energy drink for a month and the collection of material was carried out on the 20th day at the end of the experiment; 4th group – received an energy drink for a month and the collection of material was carried out on the 30th day at the end of the experiment. The functional state of plasma membranes of erythrocytes was assessed by determining the acid resistance of erythrocytes by the kinetic method. The state of endogenous intoxication was assessed by the erythrocyte intoxication index (EII) and the content of medium weight molecules (MM). EII was determined in the reaction with methylene blue. Determination of MM content was carried out spectrophotometrically after precipitation of proteins using trichloroacetic acid (TCA).

Results and Discussion. The study of acid resistance of erythrocytes and indicators of endogenous intoxication under the conditions of energy drink consumption showed a violation of the structure of erythrocyte membranes and an increase in the content of MM and EII.

Conclusions. The obtained results indicate the development of endogenous intoxication and the increase of the total toxic effect on the membranes of erythrocytes.

KEY WORDS: laboratory rats; energy drink; erythrocyte membranes; medium weight molecules; erythrocyte index of intoxication.