

УДК 612.13: 564.41/47.22 і 599.324.1

ВПЛИВ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ЩУРІВ ТА ХОМ'ЯЧКІВ НА РІВЕНЬ МАГНІЮ В ГРАНУЛОЦИТАХ КРОВІ

Бовт В.Д., Дяченко С.В.

Запорізький національний університет, Україна, 69063, Запоріжжя, вул. Гоголя, 62

svetad2392@gmail.com

Дослідження впливу гострого та хронічного стресу на металолігандний гомеостаз, наприкладі вмісту магнію в клітинах і плазмі крові, з використанням цитохімічної реакції магнезону та кольорової реакції з магоном. Вплив іммобілізаційного стресу на металолігандний гомеостаз проводився у двох груп тварин (щурів та хом'ячків). Встановлено, що гострий стрес підвищує вміст магнію в гранулоцитах крові, і знижує рівень магнію в сироватці крові. Встановлено, що хронічний стрес знижує ці показники. Зміни неспецифічні, тому що вони характерні для двох груп тварин.

Ключові слова: магній, магнезон, магон, іммобілізація, стрес.

ВЛИЯНИЕ ИММОБИЛИЗАЦИИ КРЫС И ХОМЯЧКОВ НА УРОВЕНЬ МАГНИЯ В ГРАНУЛОЦИТАХ КРОВИ

Бовт В.Д., Дяченко С.В.

Запорожский национальный университет, Украина, 69063, Запорожье, ул. Гоголя, 62

Исследование влияния острого и хронического стресса на металлолигандный гомеостаз, на примере содержания магния в клетках и плазме крови, с использованием цитохимической реакции магнезона и цветной реакции с магоном. Влияние иммобилизационного стресса на металлолигандный гомеостаз проводился у двух групп животных (крыс и хомячков). Установлено, что острый стресс повышает содержание магния в гранулоцитах крови и снижает уровень магния в сыворотке крови. Установлено, что хронический стресс снижает эти показатели. Изменения неспецифические, так как они характерны для двух групп животных.

Ключевые слова : магний , магнезон , магон , иммобилизация , стресс.

EFFECT OF IMMOBILIZATION RAT AND HAMSTER ON THE MAGNESIUM LEVEL IN THE BLOOD GRANULOCYTES

Bovt V.D. Dyachenko S.V.

Zaporizhzhya National University, Ukraine, 69063, Zaporozhye, st. Gogol, 62

Deficiency of magnesium in the body is inherent in the people around the world. According to a study Schlingmann, which included 16 thousand people hipomagneziemii prevalence in the general population is 14.5 %. A suboptimal magnesium levels were found in 33.7 %. The causes of magnesium deficiency may make violations of diet, excess calcium in the diet, alcoholism, widespread use of diuretics, malabsorption syndrome, infectious and inflammatory diseases (enteritis, gastroenteritis), pathology (diabetes, hypersecretion of aldosterone and thyroid hormones), sports load, and chronic stress .

A number of authors demonstrated that acute stress leads to excretion of magnesium from the body and chronic stress causes an increased need for magnesium due to activation of the sympathetic system, activation of lipolysis, active spending of ATP. Thus there is significant loss of magnesium in urine, its absorption in the gastrointestinal tract is significantly reduced. Moreover, the response to stress is to reduce the intracellular concentration of magnesium it is against the backdrop of increasing its level in the blood , in this case hipermahnezemiya causes decreased activity of TRPM6, which leads to a decrease in magnesium reabsorption in the kidney and hipermahneziumii, slow vsasuvannya magnesium in the digestive tract.

One of the main roles of magnesium - protecting the nervous system from the ravages of stress. Magnesium ions can block neyrosynaptychnu transfer, preventing the release of acetylcholine and violate producing cells of the adrenal medulla catecholamines, thereby simulating their physiological response to stress effect.

Purpose of work - investigate the effect of single and repeated immobilization on magnesium levels in blood granulocytes of rats and hamsters.

Materials research served smears of peripheral blood and serum 36 hamsters and 36 rats. 12 hamsters and 12 rats were control (intact), others exposed to multiple and disposable immobilization.

In experiments with a single animal immobilization bandages tied soft to the machine in the supine position for 3 hours. In experiments with a chronic immobilization procedure was repeated daily for 10 days.

At the end of term experiments in animals with tail blood was taken for the purpose of preparing smears cytochemical determination of magnesium in blood granulocytes and blood was obtained from the femoral vein for the determination of magnesium in serum using a color reaction with mahon.

For determination of magnesium in the blood granulocytes using conditions developed in our laboratory cytochemical reaction mahnezon.

Previously on slides put a layer of egg white, perform blood sampling, preparing smears holding them on top of the protein on the glass, swabs dried in air, washed for 5 ± 1 minutes. distilled water, treated with formalin vapor for 5 ± 1 min, then slides dipped in a mixture containing 1 volume of 1% solution mahnezonu, 5 parts by volume of 10% sodium acetate, 1 volume of 0.25 % ammonium hydroxide and 3 parts by volume of distilled water, paint smears carried out for $12 \pm 0,5$ hours. Then smear was washed for 5 ± 1 minutes in distilled water, dried in air. To put a dab a drop of immersion oil and examine it in the light microscope. In preparations in the cytoplasm of granular leukocytes identify red granules. The number - an indicator of magnesium content in the cells.

The intensity of the reaction was determined by three points system proposed by Sokolovsky (1971), Heyhou, Kvahline (1983). By taking one point weakly two points - a modest three points - pronounced intensity response. Based on counting 100 cells deduced the average of the intensity of the reaction. To the fact that the intensity of the color indicated the presence of other cations, using integrated calibration solution. To 4 ml of working solution add 30 ml Mahon studied serum, mixed and fotometruiut in the cell with the optical path length of 1 cm at a wavelength of 505 nm against the idle experiment in which instead of taking whey water. At the same time put the calibration experiment in which serum instead of taking 30 ml of the working calibration solution containing 0.823 mmol/l magnesium. Calculation are the rule of proportions.

To determine the level of magnesium in the blood serum was used color reaction of mahon. Magnesium makes from mahon bright red color, whey protein does not hinder its development.

According to the study revealed that chronic magnesium deficiency causes stresuvannya granulocytes in the blood of animals, due to the depletion of the protective properties of cells when exposed to chronic stress. While acute - is increasing metal content in the cells. According to published data on the role of magnesium in the regulation of the functional activity of cells, we can assume that its accumulation in blood granulocytes in acute stress helps to stabilize cell membranes, increase the activity of enzymes that contain magnesium and increase the protective properties of the cells.

Revealed that chronic stress causes a slight decrease in serum magnesium hamsters and rats. Perhaps this is due to the fact that chronic stress causes an increased need for magnesium due to activation of the sympathetic system, activation of lipolysis, active spending of ATP. In acute stress there is a significant reduction of the metal in the serum of the studied animals. That acute stress is an increase of magnesium in the blood granulocytes against decrease of its content in the blood serum.

Chronic stresuvanni repeated immobilization observed reduction of magnesium in blood granulocytes hamsters and rats.

Reduction of the metal in granulocytes in the blood repeatedly immobilized animals indicates a depletion of the protective properties of cells when exposed to chronic stress.

Stresuvanni Acute immobilization there was a one-time increase of magnesium in the blood granulocytes hamsters and rats.

Increase of magnesium in the blood granulocytes of rats and hamsters exposed to repeated immobilization should be attributed to the molecular mechanisms of cellular stress.

Chronic stress reduces magnesium content is not essential due to the fact that stress is an increased need for magnesium due to activation of the sympathetic system, activation of lipolysis, active spending of ATP.

Stress there is a significant reduction of the metal in the serum of the studied animals. That acute stress is an increase of magnesium in the blood granulocytes against decrease of its content in the blood serum.

Keywords: magnesium, magnezon, magon, immobilization, stress.

ВСТУП

Протягом останнього часу стрес супроводжує життя людини незалежно від віку, статі, роду занять. Внаслідок тривалої дії стресу на організм людини розвивається ряд патологічних станів, в тому числі і гіпомагнезіємія [1].

Дефіцит магнію в організмі притаманний населенню всього світу. За даними дослідження Schlingmann K. P. (2008), що включало 16 тис. осіб, поширеність гіпомагнезіємії в загальній популяції становить 14,5%. А субоптимальний рівень магнію виявлено у 33,7% [2]. Причинами дефіциту магнію можуть виступати порушення режиму харчування, надлишок кальцію в їжі, алкоголізм, широке застосування діуретиків, синдром мальабсорбції, інфекційно-запальні захворювання (ентерит, гастроентерит), ендокринна патологія (цукровий діабет, гіперсекреція альдостерону і гормонів щитовидної залози), спортивні навантаження, а також хронічний стрес [3-6].

Рядом авторів доведено, що гострий стрес призводить до виведення магнію з організму, а хронічний стрес викликає підвищену потребу в магнії за рахунок активації симпатичної системи, активації ліполізу, активного витрачання АТФ. При цьому спостерігається значні втрати магнію з сечею, абсорбція його в ШКТ значно знижується. Більш того, реакцією на стрес є зниження саме внутрішньоклітинної концентрації магнію на тлі підвищення його рівня в крові, в даному випадку гіпермагнезіємія викликає зниження активності TRPM6, що призводить до зниження реабсорбції магнію в нирках і гіпермагнезіурії, уповільнення всасування магнію в травному тракті [7, 8].

Одна з головних ролей магнію – захист нервової системи від руйнівних стресів. Іони магнію здатні блокувати нейросинаптичну передачу, перешкоджають звільненню ацетилхоліну, а також порушують продукування клітинами мозкового шару наднирників катехоламінів, моделюючи тим самим їх фізіологічну реакцію на стресовий вплив. Саме тому магній, гальмуючи розвиток процесів збудження в центральній нервовій системі і знижуючи чутливість організму до зовнішніх подразників, виконує функцію природного антистресового фактора [1, 3, 5].

Мета роботи – дослідити вплив одноразової та багаторазової іммобілізації на рівень магнію в гранулоцитах крові щурів та хом'яків.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалами дослідження слугували мазки периферичної крові та сироватка крові 36 хом'яків та 36 щурів. 12 хом'яків та 12 щурів були контрольними (інтактними), інші зазнавали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації.

У дослідах з одноразовою іммобілізацією тварин прив'язували м'якими пов'язками до станка в положенні на спині на 3 години. У дослідах з хронічною іммобілізацією таку процедуру повторювали щоденно протягом 10 діб.

По закінченню терміну експериментів у тварин з хвоста брали кров для приготування мазків з метою цитохімічного визначення магнію в гранулоцитах крові, а також у тварин брали кров із стегнової вени для визначення рівня магнію в сироватці крові за допомогою кольорової реакції з магоном.

Для визначення магнію в гранулоцитах крові використовували розроблену в умовах нашої лабораторії цитохімічну реакцію магнезону. Попередньо на предметні стекла наносять шар яєчного білка, виконують забір крові, готують мазки проведенням їх поверх білка на стеклах, мазки підсушують на повітрі, промивають протягом 5 ± 1 хв. дистильованою водою, обробляють парами формаліну протягом 5 ± 1 хв, потім предметні стекла занурюють у суміш, яка містить 1 об'ємну частину 1% розчину магнезону, 5 об'ємних частин 10%

розчину ацетату натрію, 1 об'ємну частину 0,25% розчину гідроксиду амонію та 3 об'ємні частини дистильованої води, забарвлення мазків проводять упродовж $12 \pm 0,5$ год. Потім мазки промивають протягом 5 ± 1 хв. у дистильованій воді, підсушують на повітрі. На мазок наносять краплю імерсійної олії та розглядають його у світловому мікроскопі. На препаратах у цитоплазмі зернистих лейкоцитів визначають червоні гранули. Їх кількість – показник вмісту магнію в клітинах.

Інтенсивність реакції визначали за трибальною системою, запропонованою В.В. Соколовським (1971), Ф. Хейхоу та Д. Квагліно (1983) [9]. За один бал приймали слабопозитивну, два бали – помірну, три бали – виражену за інтенсивністю реакцію. На підставі підрахунку на 100 клітинах виводили середню величину інтенсивності реакції [10].

Для визначення рівня магнію в сироватці крові використовувалася кольорова реакція з магоном. Магній дає з магоном (ксилиділовим синім II) яскраве червоне забарвлення, білки сироватки не перешкоджають його розвитку. У зв'язку з тим, що на інтенсивності забарвлення позначається присутність інших катіонів, використовують комплексний калібрувальний розчин. До 4 мл робочого розчину магона додають 30 мкл досліджуваної сироватки, перемішують і фотометрують в кюветі з довжиною оптичного шляху 1 см при довжині хвилі 505 нм проти холостого досліду, в якому замість сироватки беруть воду. Одночасно ставлять калібрувальний дослід, в якому замість сироватки беруть 30 мкл робочого калібрувального розчину, що містить 0,823 ммоль/л магнію. Розрахунок ведуть за правилом пропорцій [11].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У таблиці 1 представлені результати досліджень магнію в гранулоцитах крові хом'ячків, які зазнали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації.

Таблиця 1 — Інтенсивність цитохімічної реакції магнезону в гранулоцитах крові хом'ячків, які зазнали впливу багаторазової (БІ) та одноразової іммобілізації (ОІ)

| Показники | Кількість тварин | Інтенсивність реакції, ум. од. |
|-----------|------------------|--------------------------------|
| Контроль | 12 | $0,8 \pm 0,06$ |
| БІ | 12 | $0,5 \pm 0,06^{**}$ |
| ОІ | 12 | $0,9 \pm 0,07^*$ |

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ в порівнянні з контролем.

Як видно з даних цієї таблиці у контрольних (інтактних) золотистих хом'ячків інтенсивність реакції магнезону в гранулоцитах крові складала в середньому $0,8 \pm 0,06$ ум. од. У тварин з багаторазовою іммобілізацією інтенсивність реакції магнезону в цих клітинах знижувалась на 37%, в середньому становила $0,5 \pm 0,06$ ум. од. Розходження з контрольними величинами високо достовірне ($p < 0,01$).

Одноразова іммобілізація викликала підвищення магнію в зернистих лейкоцитах на 13% порівняно з контролем. Розходження з контрольними величинами не достовірне ($p > 0,05$), що свідчить про корегуючий вплив гострого стресування на вміст магнію в досліджених клітинах.

Таким чином, багаторазова іммобілізація у золотистих хом'ячків викликала розвиток дефіциту магнію в гранулоцитах крові. Тоді як одноразова іммобілізація викликала підвищення рівня цього металу в клітинах.

У таблиці 2 представлені результати досліджень магнію в гранулоцитах крові щурів, які зазнали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації.

Таблиця 2 — Інтенсивність цитохімічної реакції магнезону в гранулоцитах крові щурів, які зазнали впливу багаторазової (БІ) та одноразової іммобілізації (ОІ)

| Показники | Кількість тварин | Інтенсивність реакції, ум. од. |
|-----------|------------------|--------------------------------|
| Контроль | 12 | 0,9±0,06 |
| БІ | 12 | 0,6±0,05** |
| ОІ | 12 | 1,0±0,07* |

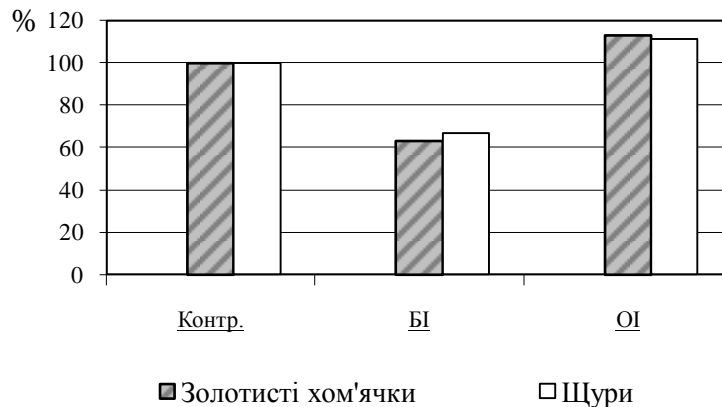
Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ в порівнянні з контролем.

Як видно з даних цієї таблиці у контрольних (інтактних) щурів інтенсивність реакції магнезону в гранулоцитах крові складала в середньому 0,9±0,06 ум. од. У тварин з багаторазовою іммобілізацією інтенсивність реакції магнезону в цих клітинах знижувалась на 33%, в середньому становила 0,6±0,05 ум. од. Розходження з контрольними величинами високо достовірне ($p < 0,01$).

Одноразова іммобілізація викликала підвищення магнію в зернистих лейкоцитах на 11% порівняно з контролем. Розходження з контрольними величинами не достовірне ($p > 0,05$), що свідчить про корегуючий вплив гострого стресування на вміст магнію в досліджених клітинах.

Таким чином, багаторазова іммобілізація у щурів, як і у хом'ячків, викликала розвиток дефіциту магнію в гранулоцитах крові. Тоді як одноразова іммобілізація викликала підвищення рівня цього металу в клітинах.

За результатами дослідження (рис. 1) встановлено, що хронічне стресування викликає дефіцит магнію в гранулоцитах крові тварин, що пов'язано з виснаженням захисних властивостей клітин при дії хронічного стресу. Тоді як гостре – викликає підвищення вмісту металу в клітинах. Згідно літературних даних про роль магнію в регуляції функціональної активності клітин, можна вважати, що його накопичення в гранулоцитах крові при гострому стресі сприяє стабілізації клітинних мембран, підвищенню активності ферментів, що містять магній, а також підвищення захисних властивостей клітин.



Примітка: Контр. – контроль; БІ – багаторазова іммобілізація; ОІ – одноразова іммобілізація.

Рисунок 1 — Аналіз вмісту магнію в гранулоцитах крові золотистих хом'яків та щурів, які зазнали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації

Для того, щоб розширити уявлення про те, як стрес впливає на вміст магнію в гранулоцитах крові тварин було проведення дослідження цього металу в сироватці крові.

У таблиці 3 представлені результати досліджень магнію в сироватці крові хом'яків, які зазнали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації.

Таблиця 3 — Вміст магнію в сироватці крові хом'яків, які зазнали впливу багаторазової (БІ) та одноразової іммобілізації (ОІ)

| Показники | Кількість тварин | Інтенсивність реакції, ммоль/л |
|-----------|------------------|--------------------------------|
| Контроль | 12 | 1,2±0,05 |
| БІ | 12 | 0,9±0,06** |
| ОІ | 12 | 0,6±0,05*** |

Примітка: * *– $p < 0,01$; ***– $p < 0,001$ в порівнянні з контролем.

Як видно з даних цієї таблиці у контрольних (інтактних) хом'яків вміст магнію в сироватці крові складав в середньому 1,2±0,05 ммоль/л. У тварин з багаторазовою іммобілізацією інтенсивність реакції магнезону в цих клітинах знижувалась на 25%, в середньому становила 0,9±0,06 ммоль/л. Розходження з контрольними величинами високо достовірне ($p < 0,01$).

Одноразова іммобілізація викликала суттєве зниження магнію в сироватці крові на 50% порівняно з контролем. Розходження з контрольними величинами високо достовірне ($p < 0,001$).

Таким чином, багаторазова іммобілізація у хом'яків викликала незначне зниження магнію в сироватці крові. Тоді як одноразова іммобілізація викликала суттєве зниження рівня цього металу в сироватці крові.

У таблиці 4 представлені результати досліджень магнію в сироватці крові щурів, які зазнали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації.

Таблиця 4 — Вміст магнію в сироватці крові щурів, які зазнали впливу багаторазової (БІ) та одноразової іммобілізації (ОІ)

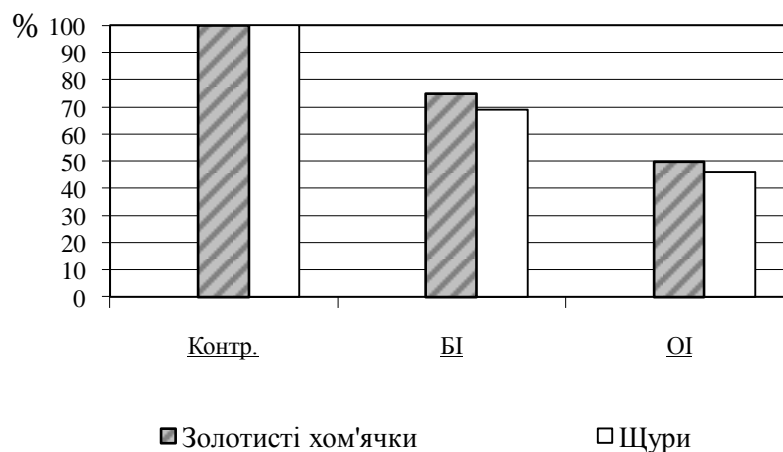
| Показники | Кількість тварин | Інтенсивність реакції, ммоль/л |
|-----------|------------------|--------------------------------|
| Контроль | 12 | 1,3±0,03 |
| БІ | 12 | 0,9±0,06*** |
| ОІ | 12 | 0,6±0,05*** |

Примітка: ***- $p < 0,001$ в порівнянні з контролем.

Як видно з даних цієї таблиці у контрольних (інтактних) щурів вміст магнію в сироватці крові складала в середньому $1,3 \pm 0,03$ ммоль/л. У тварин з багаторазовою іммобілізацією вміст магнію в сироватці крові знижувалась на 31%, в середньому становила $0,9 \pm 0,06$ ммоль/л. Розходження з контрольними величинами високо достовірне ($p < 0,001$).

Одноразова іммобілізація викликала суттєве зниження магнію в сироватці крові на 54% порівняно з контролем. Розходження з контрольними величинами високо достовірне ($p < 0,001$).

Таким чином, багаторазова іммобілізація у щурів, як і у хом'ячків викликала не значне зниження магнію в сироватці крові. Тоді як одноразова іммобілізація викликала суттєве зниження рівня цього металу в сироватці крові.



Примітка: Контр. – контроль; БІ – багаторазова іммобілізація; ОІ – одноразова іммобілізація.

Рисунок 2 – Аналіз вмісту магнію в сироватці крові золотистих хом'ячків та щурів, які зазнали впливу багаторазової та одноразової іммобілізації

За результатами дослідження (рис. 2) встановлено, що хронічний стрес викликає незначне зниження магнію в сироватці крові хом'ячків та щурів. Можливо це пов'язано з тим, що хронічний стрес викликає підвищену потребу в магнії за рахунок активізації симпатичної системи, активізації ліполізу, активного витрачання АТФ. При гострому ж стресі виникає суттєве зниження цього металу в сироватці крові досліджуваних тварин. Тобто при гострому

стресі відбувається підвищення магнію в гранулоцитах крові на тлі зниження його вмісту в сироватці крові.

ВИСНОВКИ

1. При хронічному стресуванні багаторазовою іммобілізацією спостерігалася зниження рівня магнію в гранулоцитах крові хом'ячків та щурів.
2. Зниження вмісту цього металу в гранулоцитах крові у багаторазово іммобілізованих тварин свідчить про виснаження захисних властивостей клітин при дії хронічного стресу.
3. При гострому стресуванні одноразовою іммобілізацією спостерігалася підвищення рівня магнію в гранулоцитах крові хом'ячків та щурів.
4. Підвищення вмісту магнію в гранулоцитах крові щурів та хом'ячків, які зазнали впливу багаторазової іммобілізації слід віднести до клітинно-молекулярних механізмів стресу.
5. При хронічному стресі вміст магнію знижується не суттєво, що пов'язано з тим, що стрес викликає підвищену потребу в магнії за рахунок активізації симпатичної системи, активізації ліполізу, активного витрачання АТФ.
6. При гострому стресі виникає суттєве зниження цього металу в сироватці крові досліджуваних тварин. Тобто при гострому стресі відбувається підвищення магнію в гранулоцитах крові на тлі зниження його вмісту в сироватці крові.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юлиш Е. И. Роль магния в норме и патологии / Е. И. Юлиш // Здоровье ребенка. – 2008. – № 5 (8). – С. 49 – 52.
2. Schlingmann K. P. A critical role of TRPV channel-kinase for humen magnesium transport / K. P. Schlingmann, T. Gudermann // J. Physiol. – 2008. — July.— P. 15.
3. Бурчинский С. Г. Проблема дефицита магния в организме: методы фармакологической коррекции / С. Г Бурчинский // Здоровье Украины. – 2004. — № 103. – С. 23—36.
4. Вислый А. А. Роль магния в регуляции физиологических процессов в организме / А. А. Вислый // Нов. медицины и фармации. – 2008. — № 6 (238).— С. 14—15.
5. Кривопустов С. П. О роли магния и витамина В6. Профилактика и лечение их дефицита у детей / С. П. Кривопустов // Здоровье ребенка. – 2008.— № 2 (11). — С. 79—82.
6. Nagai N. Effect of magnesium ion supplementation on obesity and diabetes mellitus in otsuka long-evans tokushima fatty (OLETF) rats under excessive food intake / N. Nagai, Y. Ito // J Oleo Sci. – 2013. – Vol. 62(6). – P. 403 – 408.
7. Phagocyte priming by low magnesium status: input to the enhanced inflammatory and oxidative stress responses / Libako P., Nowacki W., Rock E. [at al.] // Magnes Res. – 2010. – Vol. 23(1). – P. 1–4.
8. Regulation of the epithelial Mg²⁺ channel TRPM6 by estrogen and the associated repressor protein of estrogen receptor activity (REA) / Gang Cao, Jery van der Wiyst, Anne Miete van der Lemp, [et al.] // J. Biol. Chem. – 2011.– P. 284.
9. Пат. 27576 Україна, МПК (2006) GON 33/48. Спосіб визначення магнію в гранулоцитах крові/ Григорова Н. В., Єщенко Ю.А, Бовт В. Д., Єщенко В.А.; Державний вищий навчальний заклад «Запорізький національний університет» Міністерства освіти і науки України. – № 200706133; заявл. 04.06.2007; опубл. 12.11.2007; Бюл. № 11. – 1 с.

10. Хейлоу Ф. Гематологическая цитохимия / Ф. Хейлоу, Д. Квалино. – М.: Медицина, 1983. – 320 с.
11. Клиническая биохимия / под ред. Ткачука В. А. — М. : ГЭОТАРМЕД, 2004. — С. 78—86.

REFERENCES

1. Yulish E. I. Rol magniya v norme i patologii / E. I. Yulish // Zdorovie rebenka. – 2008. – № 5 (8). – S. 49 – 52.
2. Schlingmann K. P. A critical role of TRPV channel-kinase for human magnesium transport / K. P. Schlingmann, T. Gudermann // J. Physiol. – 2008. — July.— P. 15.
3. Burchinskiy S. G. Problema defitsita magniya v organisme: metodi farmakologicheskoy korrektsii / S. G. Burchinskiy // Zdorovie Ukraini. – 2004. — № 103. – S. 23—36.
4. Visliy A. A. Rol magniya v regulyatsii fiziologicheskikh protsessov v organisme / A. A. Visliy // Nov. meditsiyi s farmatsii. – 2008. — № 6 (238).— S. 14—15.
5. Krivopusov S. P. O roli magniya i vitamina B6. Profilaktika i lechenie ikh defitsita y detey / S. P. Krivopusov // Zdorovie rebenka. – 2008.— № 2 (11). — S. 79—82.
6. Nagai N. Effect of magnesium ion supplementation on obesity and diabetes mellitus in otsuka long-evans tokushima fatty (OLETF) rats under excessive food intake / N. Nagai, Y. Ito // J Oleo Sci. – 2013. – Vol. 62(6). – P. 403 – 408.
7. Phagocyte priming by low magnesium status: input to the enhanced inflammatory and oxidative stress responses / Libako P., Nowacki W., Rock E. [at al.] // Magnes Res. – 2010. – Vol. 23(1). – P. 1–4.
8. Regulation of the epithelial Mg²⁺ channel TRPM6 by estrogen and the associated repressor protein of estrogen receptor activity (REA) / Gang Cao, Jery van der Wiyst, Anne Miete van der Lemp, [et al.] // J. Biol. Chem. – 2011.– P. 284.
9. Pat. 27576 Ukraina, МПК (2006) GON 33/48. Sposib viznachennya magniu v granylotsitakh krovi / Grigorova N. V., Eshenko Y. V., Bovt V. D., Eshenko V. A.; Derzhavniy vishiy navchalniy zaklad «Zaporizhya natsionalniy universitet» Ministerstva osviti i nauki Ukraini. – № 200706133; zayavl. 04.06.2007; opubl. 12.11.2007; Byil. № 11. – 1 s.
10. Heloy F. Gematologicheskaya tsitohimiya / F. Heloy, D. Kavalino. М.: Meditsina, 1983. – 320 s.
11. Klinicheskaya biokhimiya / pod red. Tkachuka V. A. – М. : GEOTARMED, 2004. – S. 78–86.

Рецензенти: Приходько О.Б., к.б.н., зав. каф. ЗГМУ;
Фролов О.К., д.м.н., професор кафедри імунології та біохімії ЗНУ.