

Т.Ю. Кравченко, Д.В. Усенко

Використання комбінації амінокислот (аргінін, бетаїн і карнітин) та рибофлавіну в практиці педіатра (огляд літератури)

Одеський національний медичний університет, Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2025). 4(148): 62-70; doi 10.15574/SP.2025.4(148).6270

For citation: Kravchenko TYu, Usenko DV. (2025). The use of a combination of amino acids (arginine, betaine, and carnitine) and riboflavin in pediatric practice (review article). Modern Pediatrics. Ukraine. 4(148): 62-70. doi: 10.15574/SP.2025.4(148).6270.

Мета – проаналізувати дані літератури щодо ролі амінокислот, зокрема, аргініну, бетаїну і карнітину в педіатричній практиці.

Пошук інформації здійснено в базах даних «Web of Science», «Scopus», «PubMed Central», «Google Scholar» за такими ключовими словами: «amino acids», «arginine», «betaine», «carnitine», «riboflavin», «children». Амінокислоти беруть участь у багатьох метаболічних процесах, зокрема, у виробленні гормонів, нейротрансмітерів і ферментів, сприяють синтезу нуклеотидів, підтриманню окислювально-відновного балансу, функції клітин і організму. За даними літератури, вони відіграють фундаментальну роль у дитячому віці в побудові тканин, підтриманні розвитку мозку, що важливо для когнітивного розвитку, уваги і пам'яті, підтримують імунну систему і здатність організму відновлюватися після стресів, травм і фізичних навантажень. Окрім фізіологічних функцій, амінокислоти ще є активними терапевтичними інгредієнтами, які застосовуються в профілактиці й лікуванні різних захворювань, зокрема, нервової, серцево-судинної, травної, імунної, ендокринної систем. Аргінін може сприяти поліпшенню кровопостачання органів, що зазнають стресу під час інтоксикації, наприклад, печінки і нирок, а також стимулювати обмінні процеси й виведення токсинів. Карнітин може підтримувати енергетичний баланс організму, сприяючи використанню жирних кислот як джерела енергії, що дає змогу відновити організм після інтоксикації. Бетаїн може допомогти поліпшити детоксикацію, підтримати функцію печінки і зменшити рівень токсичних речовин в організмі. Рибофлавін завдяки антиоксидантним властивостям може зменшувати ушкодження клітин, викликане вільними радикалами, що виникають під час інтоксикації.

Висновки. Комбінація амінокислот аргініну, бетаїну і карнітину із рибофлавіном може бути надзвичайно корисною в педіатрії, оскільки кожен із цих компонентів має специфічні властивості, які можуть доповнювати один одного, забезпечуючи комплексне підтримання здоров'я дітей при різних станах (інтоксикаційному синдромі, метаболічних порушеннях, відновленні після захворювань тощо).

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: амінокислоти, аргінін, бетаїн, карнітин, рибофлавін, діти, інтоксикаційний синдром.

The use of a combination of amino acids (arginine, betaine, and carnitine) and riboflavin in pediatric practice (review article)

T. Yu. Kravchenko, D. V. Usenko

Odesa National Medical University, Ukraine

Aim – to analyze the literature data on the role of amino acids, in particular arginine, betaine and carnitine in pediatric practice.

Information was searched in the Web of Science, Scopus, PubMed Central, Google Scholar databases using the following Keywords: amino acids, arginine, betaine, carnitine, riboflavin, children. Amino acids are involved in many metabolic processes, in particular in the production of hormones, neurotransmitters and enzymes, contribute to the synthesis of nucleotides, maintenance of redox balance, cell and organism function. According to the literature, they play a fundamental role in childhood in building tissues, supporting brain development, participating in the synthesis of neurotransmitters, which is important for cognitive development, attention, and memory, supporting the immune system and the body's ability to recover from stress, injuries, and physical exertion. In addition to their physiological functions, amino acids are also active therapeutic ingredients used in the prevention and treatment of various diseases, including those of the nervous, cardiovascular, digestive, immune and endocrine systems. Arginine can help improve blood flow to organs that are stressed during intoxication, such as the liver and kidneys, and stimulate metabolism and the elimination of toxins. Carnitine can help maintain the body's energy balance by promoting the use of fatty acids as an energy source, which helps the body recover after intoxication. Betaine can help improve detoxification, support liver function, and reduce toxic substances in the body. Riboflavin, due to its antioxidant properties, can reduce cell damage caused by free radicals that occur during intoxication.

Conclusions. The combination of the amino acids arginine, betaine, carnitine and the addition of riboflavin can be extremely useful in pediatrics, since each of these components has specific properties that can complement each other, providing comprehensive support for children's health. The authors declare no conflict of interest.

Keywords: amino acids; arginine; betaine; carnitine; riboflavin; children; intoxication syndrome

Амінокислоти є основними будівельними блоками білків і азотистих основ для таких сполук, як нейромедіатори і гормони. Вони відіграють важливу роль у розвитку і функціонуванні організму, беруть участь у багатьох метаболічних процесах, зокрема, у виробленні гормонів, нейротрансмітерів і ферментів, сприяють синтезу нуклеотидів, підтриманню окислювально-відновного балансу,

функціонуванню клітин і організму [52,66]. Амінокислоти є ключовими поживними речовинами для імунних клітин, які мають специфічні потреби в амінокислотах, а стимуляція фактора росту й активація Т-клітин індукують їхню швидку проліферацію і збільшують експресію транспортера амінокислот. Крім того, вони відіграють важливу роль у детоксикаційних процесах організму [17,24,48].

За даними літератури, у дитячому віці амінокислоти беруть участь у побудові тканин, підтриманні розвитку мозку, синтезі нейротрансмітерів, що важливо для когнітивного розвитку, уваги і пам'яті, підтримують імунну систему і здатність організму відновлюватися після стресів, травм і фізичних навантажень [44,47].

Загалом, амінокислоти є основою для багатьох біохімічних процесів, які підтримують фізіологічний розвиток організму дитини в різні вікові періоди.

Мета огляду – проаналізувати дані літератури щодо ролі амінокислот, зокрема, аргініну, бетаїну та карнітину, у педіатричній практиці.

Окрім фізіологічних функцій, амінокислоти ще є активними терапевтичними інгредієнтами, які застосовуються в профілактиці й лікуванні різних захворювань, зокрема, нервової, серцево-судинної, травної, імунної, ендокринної систем для поліпшення стану хворої людини [42,46,53,63]. Тому вивчення метаболізму амінокислот при захворюваннях у дітей є важливою складовою педіатрії, оскільки ці порушення можуть призводити до серйозних захворювань, і виявлення метаболічних змін амінокислот може бути корисним для лікування хвороб, у т.ч. дитячого віку [33].

Останніми десятиліттями з'явилися дані, що комбінація деяких амінокислот, наприклад, аргініну, бетаїну і карнітину, може бути надзвичайно корисною для дітей, тому що кожен із цих компонентів має специфічні властивості, які можуть доповнювати один одного, забезпечуючи комплексне підтримання здоров'я дітей при різних станах (інтоксикаційному синдромі, метаболічних порушеннях, відновленні після захворювань тощо) [53,60].

Аргінін – незамінна амінокислота, яка природно міститься в червоному м'ясі, птиці, рибі і молочних продуктах. Аргінін стимулює секрецію гормонів (наприклад, інсуліну, пролактину, глюкагону, соматотропного гормону) і відіграє ключову роль в азотному гомеостазі за рахунок утворення сечовини [28,43].

В організмі людини аргінін, як і всі амінокислоти, присутній в їжі або харчових добавках, всмоктується в тонкий кишечник, зокрема, в ділянці щіткової облямівки ентероцитів, за допомогою активного натрійзалежного транспортування в парацелюлярній ділянці слизової оболонки кишечника. Ентероцити використовують

поглинений аргінін для певних функцій, тоді як надлишок транспортується через порталну циркуляцію печінки. Амінокислоти від ентероцитів до спланхнічного кровообігу транспортується через ділянку базальної мембрани, гідрофільні канали або парацелюлярну ділянку. Ідентифіковано шість систем транспортування амінокислот через клітинну мембрану, лише дві з яких є винятковими для основних амінокислот, таких як аргінін [10,12,19,40].

Більшість авторів вказує, що аргінін насамперед є детоксикантом, а вже потім діє як протектор клітин печінки. Аргінін є основним субстратом утворення енергії в циклі Кребса, що поліпшує роботу цитохромоксидазної системи (цитохром C450), посилює детоксикаційну функцію печінки. Крім того, амінокислота поліпшує мікроциркуляцію у печінці, насичує її киснем, нормалізує гепатопортальну гемодинаміку та внутрішньоклітинний обмін у гепатоцитах, стимулює їхню активність, зменшує гіпоксію і запалення з подальшою регенерацією гепатоцитів [7,9].

Аргінін у літературі описано як молекулу ендогенного месенджера, яка бере участь у різноманітних ендотеліозалежних фізіологічних ефектах у серцево-судинній системі, а також як попередник оксиду азоту, критичного компонента релаксуючого фактора, отриманого з ендотелію [55]. За даними літератури, L-аргінін є субстратом для ендогенного синтезу оксиду азоту, який є універсальним вазодилататором і антиоксидантом, впливає на розширення кровоносних судин, васкулярну репарацію, імунну відповідь і поліпшує мікроциркуляцію в усіх органах і тканинах організму. L-аргінін сприяє утворенню нетоксичного продукту обміну аміаку – сечовини, що забезпечує зв'язування та виведення кінцевих продуктів обміну й підтримання азотистого балансу. Крім того, амінокислота аргінін є субстратом для синтезу креатину, що забезпечує налагодження енергетичного метаболізму в клітині й стимуляцію процесів у циклі Кребса, сприяє поліпшенню роботи цитохромоксидазної системи (цитохром P450), що посилює детоксикаційну функцію печінки та прискорює виведення токсичних речовин. Відома роль L-аргініну в забезпеченні метаболічного й анаболічного ефектів, нормалізації внутрішньоклітинного обміну в гепатоцитах [6,8]. Після відкриття біологічної ролі оксиду азоту питання нутриціологічного забезпечення організму аргініном, а також ендогенно-

го його синтезу обговорюються на поважних наукових форумах, стають підставою для розроблення нових лікарських засобів і нутрицевтиків [4,12].

Фізіологічна потреба тканин і органів в аргініні задовільняється його ендogenousним синтезом або надходженням з їжею, проте в умовах стресу або хвороби нестача амінокислот стає суттєвою. Аналіз літератури останніх років дає змогу стверджувати, що потреба в аргініні різко зростає при станах, що супроводжуються переважанням катаболічних процесів (інфекціях, стресах, травмах). Аргінін посилює знешкодження аміаку в печінці, сприяючи перетворенню аміаку на сечовину, зв'язує токсичні іони амонію, що утворюються в разі катаболізму білків у печінці, тому, зокрема, L-аргінін рекомендують використовувати для лікування гострої гіперамоніємії [30,41]. Отже, аргінін може бути корисним у лікуванні дітей з явищами інтоксикації, зокрема, у тих випадках, коли інтоксикація пов'язана з порушеннями метаболізму, такими як гіперамоніємія (підвищений рівень аміаку в крові) або токсичні ураження, що супроводжуються порушенням обміну амінокислот. Окрім того, його можна рекомендувати дітям із порушенням харчування або затримкою росту для поліпшення метаболізму.

Бетаїн – триметильне похідне гліцину (триметилгліцин), що бере участь у біосинтезі фосфоліпідів клітинних мембран, може функціонувати як альтернативний донор метильних груп для циклу «метіонін-гомоцистеїн» і виступає в ролі основного осмоліту в мозку і нирках для регулювання об'єму клітин [31]. Бетаїн є амінокислотою з доведеними функціональними властивостями і недостатньо використаним потенціалом. Найпоширенішими харчовими джерелами бетаїну є буряк, шпинат і цільні зерна, такі як кіноа, пшеничні та вівсяні висівки, коричневий рис, ячмінь тощо. Ця цінна сполука набула популярності як інгредієнт нових і функціональних харчових продуктів завдяки перевагам для здоров'я, які вона може надати [16].

У Сполучених Штатах Америки бетаїн загалом визнається загально безпечним інгредієнтом, у Європі він схвалений для використання в продуктах харчування від Європейської Комісії, що дозволяє безпечно вживати бетаїн в їжу в кількості не менше 500 мг на порцію їжі. Це пов'язано з внеском бетаїну в цикл метіоніну [13]. Будучи

важливим донором метилу і регулятором осмотичного тиску, бетаїн бере участь у регулюванні метіонін-гомоцистеїнового циклу, який відіграє життєво важливу роль у різноманітних фізіологічних діях організму [16,36,64]. Бетаїн допомагає перетворювати гомоцистеїн в інші корисні речовини, підтримуючи здоровий рівень цієї амінокислоти в крові [2]. Оскільки одна з основних функцій бетаїну – донатор метилу, дієта, яка може бути багатою на вуглеводи, але дефіцитною на холін або бетаїн, призведе до гіпометилування гомоцистеїну та фосфатидилетаноламіну і клінічно до стеатозу печінки й запаленню. Це показує S. Sookoian у дослідженні типу «випадок–контроль», у якому рівні бетаїну значно знижені в пацієнтів з алкогольною хворобою печінки, на відміну від пацієнтів із неалкогольною жировою хворобою печінки [39,54].

Харчовий бетаїн як донатор метилу відновлює гомеостаз метіоніну в клітинах і має низку корисних біологічних ефектів унаслідок антиоксидантної, протизапальної та антинекротичної дії [23,29,62].

У клітинах Купфера, резидентних макрофагах печінки, бетаїн слугує осмолітом і запобігає спричиненому гіперосмоларністю пригніченню вивільнення фактора некрозу пухлини α , індукції утворення простагландину та експресії циклооксигенази 2, тим самим модулюючи імунну систему. Бетаїн також відіграє важливу регуляторну роль органічних осмолітів на АТФазах мембрани еритроцитів людини і захищає від гіпоосмотичного стресу [2].

Дані як вітчизняних, так і закордонних літературних джерел свідчать, що бетаїн є активатором синтезу фосфоліпідів клітинних мембран, як ліпотропний агент він сприяє мобілізації жирів із печінки і транспортуванню триацилгліцеридів. У літературі описано мембраностабілізуювальну, протекторну і метаболічну дію бетаїну. Крім того, деякі вчені вказують на потенційну роль бетаїну в підтриманні функціонування печінки та захисту від пошкодження печінки, а також на його протизапальні й антиоксидантні властивості [2,21]. Дані літератури свідчать, що використання бетаїну поліпшує функціонування печінки і метаболізму. Триметилгліцин дає змогу перетравлювати ліпіди, сприяючи тим самим детоксикації. Значна кількість даних, отриманих на моделях захворювання печінки тварин, а також у дослідженнях за участю людей, свідчить, що введення бетаїну до

раціону харчування може зупиняти і навіть запобігати прогресуванню порушень структури і функцій печінки [6,20]. Наприклад, при ацетонемічному синдромі використання бетаїну сприяє детоксикаційним процесам у печінці, де відбувається метаболізм кетонів, і дає змогу нормалізувати рівень кислотно-лужного балансу в організмі [28]. Якщо в організмі є дефіцит бетаїну, накопичуються триацилгліцериди, що може призводити до жирової дистрофії печінки, яка є поширеною й актуальною проблемою сьогодення [9,61]. Тому протягом тривалого періоду вчені вивчають бетаїн як перспективний терапевтичний засіб, використання якого може поліпшити показники печінки, погіршені внаслідок зловживання алкоголем і метаболічних захворювань.

Дослідження B.D. Willingham та співавторів (2021) свідчать, що бетаїн підвищує толерантність до гіпертонічних і термічних стресів на клітинному рівні, стимулюючи експресію білка теплового шоку, зменшуючи окисне пошкодження та спричинену фізичними навантаженнями проникність кишечника, а також захищаючи від бактеріальної транслокації та ендотоксемії [65]. Однак ендогенний синтез бетаїну зазвичай недостатній для покриття щоденних потреб. Отже, надходження бетаїну з їжею та у вигляді препаратів можна вважати обов'язковим.

L-карнітин – це хімічна речовина, яка виробляється в мозку, печінці та нирках людини. Ця речовина важлива для роботи серця і мозку, руху м'язів і багатьох інших процесів в організмі. Основна метаболічна функція L-карнітину – це транспортування довголанцюгових жирних кислот через мітохондріальну мембрану. У мітохондріях вони піддаються β-окисленню і подальшому метаболізму з утворенням аденозинтрифосфату [15]. Він відіграє важливу роль у функціонуванні центральної нервової системи, особливо в мітохондріальному метаболізмі жирних кислот для їхнього подальшого окислення, отримання енергії та підтримання мітохондріального гомеостазу коензиму-A під час мітохондріального окислення цих кислот [25,26]. Коензим A необхідний для активації та окислення жирних кислот із жирової тканини для синтезу АТФ у мітохондріях. Жирні кислоти є дуже ефективним джерелом енергії людини. Кількість енергії від їхнього загального окислення становить 37,7 кДж/г порівняно з 16,7 кДж/г від білка або вуглеводів. Багато авторів звертають увагу

на важливу роль карнітину. Це – сприяння катаболізму кетокислот із розгалуженим ланцюгом (валін, лейцин та ізолейцин). L-карнітин також пригнічує вироблення вільних радикалів і демонструє антиоксидантну дію [11]. L-карнітин сприяє обміну речовин і може використовуватися як доповнення до природного карнітину в організмі для вироблення енергії та виведення токсинів із клітин. Отже, він може допомогти в процесах детоксикації організму, оскільки бере участь у транспортуванні жирних кислот до мітохондрій, де вони окислюються і використовуються для отримання енергії. Це сприяє поліпшенню метаболічних процесів і зниженню навантаження на органи, особливо на печінку і нирки.

Карнітин також бере участь у процесах детоксикації токсичних екзогенних сполук (наприклад, деяких ксенобіотиків, у т.ч. ампіциліну, вальпроєвої та саліцилової кислот), які виводяться нирками в разі поєднання з карнітином [14]. Карнітин діє як носій для жирних кислот через мітохондріальну мембрану для подальшого β-окислення та зменшує рівень вільних жирних кислот в печінці, знижуючи накопичення тригліцеридів у цитоплазмі гепатоцитів [50]. Добре відомо, що критичні аспекти дефіциту карнітину пов'язані з проявом мітохондріальної дисфункції, наприклад, виснаження, гіпотонія, серйозна втрата працездатності, коливання маси тіла, часті інфекції, низька академічна успішність тощо [1]. Крім того, він відіграє важливу роль у зниженні окисного стресу та в збільшенні експресії прозапальних цитокінів [49].

У педіатрії карнітин використовується для лікування різних захворювань, пов'язаних із порушенням метаболізму, а також для підтримання організму під час інтоксикацій. У дітей із токсичними ураженнями печінки (наприклад, отруєння грибами, токсичними речовинами) карнітин дає змогу підтримати метаболізм жирних кислот, знижуючи навантаження на органи детоксикації. Нещодавні дослідження українських педіатрів (2017–2018 рр.) показують, що перебіг гострого бронхіту в дітей супроводжується розвитком астеничного синдрому, прояви якого не обмежуються гострим періодом захворювання без належної корекції, характеризуються високим ступенем астенизації (до 72,3% за шкалою MFI-20), що в більшості хворих позначаються на метаболічних процесах у міокарді, енергетичному висна-

женні та метаболічному дисбалансі (підвищення кількості кетонів у сечі, коефіцієнт енергодефіциту «лактат/ піруват сироватки крові» в 1,49 раза), і зберігаються в періоді реконвалесценції [37,56]. За результатами аналізу літературних джерел останніх років, накопичений клінічний досвід застосування L-карнітину свідчить про різноманітні позитивні ефекти та дає змогу вважати його ефективним профілактичним і лікувальним засобом, який можна застосовувати в педіатричній практиці. L-карнітин можна використовувати в тих випадках, коли організму необхідна енергетична підтримка: при астеничному синдромі, у разі підвищених розумових, емоційних і фізичних навантажень, як супутню терапію різних соматичних захворювань, у періоді реабілітації після перенесених захворювань, а також для підвищення імунних резервів організму, рівня аденозинтрифосфату [15,56].

Рибофлавін є водорозчинним основним вітаміном, присутнім у харчових джерелах. Найвищим є вміст рибофлавіну в печінці, сушених грибах, дріжджах, молоці і молочних продуктах (особливо у твердому і м'якому сирі), яйцях. Багаті на рибофлавін також яловичина, телятина, м'ясо птиці, деякі види риб, зернобобові і деякі види круп (гречана, вівсяна) [18]. Крім того, рибофлавін часто додають до продуктів, збагачених вітамінами, таких як дитяче харчування та каші, припускають, що деякі бактерії в мікробіомі людини здатні виробляти рибофлавін [3,59].

Вітамін B₂ – один з основних компонентів вуглеводного, жирового і білкового обміну, що відіграє важливу роль у численних окислювально-відновних реакціях. Рибофлавін бере участь у процесах тканинного дихання і синтезі аденозинтрифосфату, вищих жирних кислот та інших процесах енергозабезпечення клітини, виявляє антиоксидантні властивості, бере участь у кровотворенні, сприяючи підвищенню рівня гемоглобіну й еритроцитів [34].

Рибофлавін має вирішальне значення для функціонування мітохондріального електротранспортного ланцюга [32]. Рибофлавін і, що більш важливо, його похідні, флавінмононуклеотид і флавінаденіндинуклеотид, відіграють вирішальну роль в основних клітинних процесах, у т.ч. в мітохондріальному енергетичному метаболізмі, реакції на стрес, біогенезі вітамінів і кофакторів, де вони функціонують для забезпечення каталітичної активності і згортання/

стабільності флавоензимів. При цьому утворюється АТФ, яка акумулює енергію, що може бути використана в реалізації низки фізіологічних функцій організму [18,35,38].

Вітамін B₂ входить до складу ферментів цитохрому P450, є кофактором алкогольдегідрогенази, дефіцит цього вітаміну знижує активність мікросомального гідроксилування і призводить до зниження в мікосомах печінки швидкості глюкуронідної кон'югації П-нітрофенолу [22]. Дані літератури свідчать, що призначення рибофлавіну в дозі 1,6 мг/добу протягом 12-тижневого періоду значно знижує кількість гомоцистеїну в плазмі людей із ризиком розвитку серцево-судинних захворювань.

В організмі вітамін B₂ всмоктується в тонкому кишечнику. У літературі описано такі функції цього вітаміну: участь у багатьох біохімічних процесах, зокрема, у виробленні енергії, метаболізмі жирів, білків і вуглеводів, у підтриманні здоров'я шкіри, слизових оболонок і нервової системи. Вітамін B₂ має антиоксидантні властивості, які можуть бути корисними в лікуванні інтоксикацій. Завдяки антиоксидантним властивостям рибофлавін може зменшувати ушкодження клітин, викликане вільними радикалами, що виникають під час інтоксикації. Рибофлавін підтримує нормальну функцію печінки і може допомогти регенерувати клітини цього органа після токсичного навантаження. Вітамін B₂ бере участь у синтезі глутатіону – антиоксиданта, необхідного для здоров'я очей і нормальної роботи імунної системи. Дефіцит рибофлавіну може впливати на антиоксидантні властивості глутатіону і призводити до порушення антиоксидантного потенціалу клітин. Однією з найважливіших антиоксидантних властивостей глутатіону є деактивація пероксидів, таких як гідропероксид. Відповідно до згаданих механізмів, очікується, що дефіцит рибофлавіну може посилити перекисне окислення ліпідів.

Відомо, що B₂ ефективний для лікування мігрені, тому пацієнтам, що страждають від постійного головного болю, можна призначати рибофлавін у комплексній терапії [58,67].

Дефіцит рибофлавіну є рідкісним станом, оскільки він присутній у різних продуктах харчування. Але люди з цукровим діабетом, захворюванням печінки, недостатністю щитоподібної залози і надниркових залоз, а також із захворюваннями шлунково-кишкового тракту і жовчовивідних

шляхів, люди, які дотримуються дієти з низьким вмістом м'яса і молока, які вважаються найкращими джерелами рибофлавіну, а також певні групи людей, такі як вагітні жінки, діти та спортсмени, можуть бути більш чутливими до цього дефіциту, можуть мати дефіцит рибофлавіну, незважаючи на його достатнє споживання. Дефіцит рибофлавіну серед дітей присутній у багатьох регіонах світу, де в їхньому раціоні часто споживається недостатня кількість молока та м'яса [45,51].

Потреби дітей старшого віку в рибофлавіні та інших вітамінах групи В збільшуються через високі метаболічні потреби для росту з дитинства до підліткового віку [5,27].

За даними деяких авторів, комбінація рибофлавіну та інших сполук може мати широкий спектр ефектів і захисних властивостей, а також зменшити токсичну дію ліків [57].

Рибофлавін (вітамін B₂) – цінна поживна речовина, яка частково виробляється в тонкому кишечнику, але не може накопичуватися, тому має надходити в організм із зовнішніх джерел. Найкращий варіант – оптимізація раціону на користь вітаміновмісних продуктів. Але застосовувати його у вигляді біокомплексів значно надійніше.

Отже, за даними літератури, кожна з комплексу амінокислот аргінін + бетаїн + карнітин виконує певну роль у лікуванні деяких станів у дітей, зокрема синдрому інтоксикації. Аргінін може сприяти поліпшенню кровопостачання органів, що зазнають стресу під час інтоксикації, наприклад, печінки і нирок, а також стимулювати обмінні процеси й виведення токсинів. Бетаїн може допомогти поліпшити детоксикацію, підтримати функцію печінки і зменшити рівень токсичних речовин в організмі. Карнітин може допомогти підтримати енергетичний баланс організму, сприяючи використанню жирних кислот як джерела енергії, що дає змогу відновленню організму після інтоксикації. Окрім того, оскільки всі три речовини мають антиоксидантні властивості, вони допомагають знизити рівень окислювального стресу, що виникає під час інтоксикацій. Щодо рибофлавіну, то завдяки антиоксидантним влас-

твостям він може зменшувати ушкодження клітин, викликане вільними радикалами, які утворюються під час інтоксикації, підтримує нормальну функцію печінки і допомагає в регенерації клітин цього органа після токсичного навантаження. На підставі аналізу літератури можна зробити висновки, що використання комплексу амінокислот (аргінін + бетаїн + карнітин) із рибофлавіном може бути корисним доповненням до лікування інтоксикаційного синдрому при різних станах у дітей, порушеннях метаболізму або за потреби відновлення після хвороб. Таке поєднання може сприяти нормалізації обміну речовин, поліпшувати енергетичний баланс і підтримувати імунну систему, прискорювати одужання, підвищувати якість життя дітей.

На фармацевтичному ринку України комбінація амінокислот (аргінін, бетаїн і карнітин) із рибофлавіном представлений комплексом «Квадаргін» (компанія «Сперко»), який випускається у формі орального розчину. Комплекс «Квадаргін» може бути рекомендований як дієтична добавка до раціону харчування осіб, що знаходяться під впливом шкідливої дії факторів навколишнього середовища (у т.ч. токсичних агентів), при станах, пов'язаних із порушенням білкового метаболізму (голодування, ацетонемічний стан та ін.) як додаткове джерело аргініну, бетаїну, карнітину та вітаміну B₂. Рекомендована доза для дітям віком від 3 років становить 10 мл на добу за рекомендацією лікаря. Розчин слід розвести в 100 мл питної води та застосовувати по 1 чайній ложці кожні 10–15 хвилин. Для дорослих доза 10 мл 1–2 рази на добу після вживання їжі або за рекомендацією лікаря.

Зручна форма випуску та склад препарату «Квадаргін» дозволяє ефективно використовувати його в комплексному лікуванні інтоксикаційного синдрому в дітей, особливо у випадках, коли інтоксикація супроводжується порушенням функції печінки.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

1. Alam J, Fahim SM, Islam Md R, Alam Md A, Gazi Md A, Ahmed T. (2024). Effects of L-Carnitine Supplementation on the Rate of Weight Gain and Biomarkers of Environmental Enteric Dysfunction in Children with Severe Acute Malnutrition: A Double-Blind Randomized Controlled Clinical Trial. *The Journal of Nutrition*. 154(3): 949-961. doi: 10.1016/j.tjnut.2024.01.031.
2. Arumugam MK, Paal MC, Donohue TM Jr, Ganesan M, Osna NA, Kharbanda KK. (2021). Beneficial Effects of Betaine: A Comprehensive Review. *Biology*. 10(6): 456. <https://doi.org/10.3390/biology10060456>.
3. Auclair O, Han Y, Burgos SA. (2019). Consumption of Milk and Alternatives and Their Contribution to Nutrient Intakes among

- Canadian Adults: Evidence from the 2015 Canadian Community Health Survey — Nutrition. *Nutrients*. 11(8): 1948. doi: 10.3390/nu11081948.
4. Babienko VV, Vatan MM. (2021). Arhinin u kharchuvanni ditei ta pidlitkiv: dosvid rehionalnoi prohramy sanitarno-hihiienichnoho monitoringu. *Visnyk sotsialnoi hihieny ta orhanizatsii okhoryny zdorov'ia Ukrainy*. 4: 58-62. [Бабієнко ВВ, Ватан ММ. (2021). Аргінін у харчуванні дітей та підлітків: досвід регіональної програми санітарно-гігієнічного моніторингу. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 4: 58-62]. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2021.4.12857>.
5. Bailey LB, Stover PJ, McNulty H et al. (2015). Biomarkers of Nutrition for Development-Folate Review. *J Nutr*. 145(7): 1636S-1680S. doi: 10.3945/jn.114.206599.
6. Beketova HV. (2020). Metabolichna korektsiia atsetonurynchno syndromu u ditei. *Zdorov'ia Ukrainy. Tematychnyi nomer «Pediatriia»*. 5(56): 19. [Бекетова ГВ. (2020). Метаболічна корекція ацетонуричного синдрому у дітей. *Здоров'я України. Тематичний номер «Педіатрія»*. 5(56): 19]. URL: https://health-ua.com/multimedia/userfiles/files/2020/Pediatria_5_2020/Pediatria_5_2020_str_19.pdf.
7. Belousova Olu, Shutova EV, Solodovnychenko YH, Babadzhanian EN, Voloshyna LH. (2017). Korrektsiia metabolicheskikh narusheniy pry atsetonemicheskom syndrome u detei na fone funktsionalnykh rasstroistv bylyarnoho trakta. *Zdorove rebenka*. 12: 225-231. [Белоусова ОЮ, Шутова ЕВ, Солодовниченко ІГ, Бабаджанян ЕН, Волошина ЛГ. (2017). Коррекция метаболических нарушений при ацетонемическом синдроме у детей на фоне функциональных расстройств билиарного тракта. *Здоровье ребенка*. 12: 225-231]. doi: 10.22141/2224-0551.12.2.1.2017.100985.
8. Berezyn AE. (2019). Terapevtycheskyi potentsyal L-arhynyna pry kardiovaskuliarnikh zaboлевaniyakh. *Ukr. med. chasopys*. 2(1): 61-64. [Березин АЕ. (2019). Терапевтический потенциал L-аргинина при кардиоваскулярных заболеваниях. *Укр. мед. часопис*. 2(1): 61-64]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UMCh_2019_2%281%29_18.
9. Bielousova Olu. (2023). Syndrom tsyklichnoho bliuvannia: problema pediatrii i ne tilky. *Dytiachyi likar*. 4(85): 7-11. [Белоусова ОЮ. (2023). Синдром циклического блювания: проблема педиатрии и не только. *Детячий лікар*. 4(85): 7-11]. URL: <https://d-l.com.ua/ua/archive/2023/4%2885%29/pages-7-11/syndrom-ciklichnogo-blyuvannya-problema-pediatrii-i-ne-tilki>.
10. Böger RH. (2014). The pharmacodynamics of L-arginine. *Altern Ther Health Med*. 20(3): 48-54. PMID: 24755570.
11. Castora FJ. (2019). Mitochondrial function and abnormalities implicated in the pathogenesis of ASD. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*. 92: 83-108. doi: 10.1016/j.pnpbp.2018.12.015.
12. Chandana T, Venkatesh YP. (2016). Occurrence, Functions and Biological Significance of Arginine-Rich Proteins. *Curr Protein Pept Sci*. 17(5): 507-516. doi: 10.2174/1389203717666151201192348.
13. Commission Regulation (EU). (2012). No. 432/2012 establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health. *Official Journal of the European Union L*. 136: 1-40. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:136:0001:0040:en:PDF>.
14. Czczot H, Scibior D. (2005). Rola L-karnitynu w przemianach, zywieniu i terapii [Role of L-carnitine in metabolism, nutrition and therapy]. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*. 59: 9-19. PMID: 15761381.
15. Davydenko AV. (2023). Analiz naukovykh doslidzhen ta klinichnoho zastosuvannya L-karnitynu v pediatrichnii praktytsi. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny*. 23(4): 30-34. [Давиденко АВ. (2023). Аналіз наукових досліджень та клінічного застосування L-карнітину в педіатричній практиці. *Актуальні проблеми сучасної медицини*. 23(4): 30-34]. doi: 10.31718/2077-1096.23.4.30.
16. Dobrijević D, Pastor K, Nastić N, Özogul F, Krulj J, Kokić B et al. (2023). Betaine as a Functional Ingredient: Metabolism, Health-Promoting Attributes, Food Sources, Applications and Analysis Methods. *Molecules*. 28(12): 4824. doi: 10.3390/molecules28124824.
17. Geiger R, Rieckmann JC, Wolf T, Basso C, Feng Y, Fuhrer T et al. (2016). L-arginine modulates T cell metabolism and enhances survival and anti-tumor activity. *Cell*. 167(3): 829-842.e13. doi: 10.1016/j.cell.2016.09.031.
18. Gorobets AO. (2019). Vitamins and microelements as specific regulators of physiological and metabolic processes in the body of children and adolescents. *Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics*. 4(80): 75-92. [Горобець АО. (2019). Вітаміни і мікроелементи як специфічні регулятори фізіологічних та метаболічних процесів в організмі дітей та підлітків. *Український журнал перинатології і педіатрії*. 4(80): 75-92]. doi: 10.15574/PP.2019.80.75.
19. Grimes JM, Khan S, Badeaux M, Rao RM, Rowlinson SW, Carvajal RD. (2021). Arginine depletion as a therapeutic approach for patients with COVID-19. *Int J Infect Dis*. 102: 566-570. doi: 10.1016/j.ijid.2020.10.100.
20. Health-ua. (2023). Dodatkovе vzhivannia arhininu ta betainu yak suchasnyi sposib pidtrymannia funktsii pechinky. UA-HEPA-PUB-032023-010. *Zdorov'ia Ukrainy 21 storichchia*. 7(543). [Health-ua. (2023). Додаткове вживання аргініну та бетайну як сучасний спосіб підтримання функцій печінки. UA-HEPA-PUB-032023-010. *Здоров'я України 21 сторіччя*. 7(543)]. URL: <https://health-ua.com/terapiya-i-semeynaya-meditsina/xvorobipечinki/72269-dodatkovе-vzhivannya-argnnu-ta-betanu-yak-suchasnij-sposib-pdtrimannya-funktsii>.
21. Heidari R, Niknahad H, Sadeghi A, Mohammadi H, Ghanbarinejad V et al. (2018). Betaine treatment protects liver through regulating mitochondrial function and counteracting oxidative stress in acute and chronic animal models of hepatic injury. *Biomed. Pharmacother*. 103: 75-86. doi: 10.1016/j.biopha.2018.04.010.
22. Horobets AO, Berezenko VS, Levadna LO. (2020). Nutritive status peculiarities, assessment and correction in chronic liver diseases in children. *Modern Pediatrics. Ukraine*. 4(108): 81-92. [Горобець АО, Березенко ВС, Левадна ЛО. (2020). Особливості нутритивного статусу, його оцінки та нутритивної підтримки при хронічних захворюваннях печінки в дітей. *Сучасна педіатрія. Україна*. 4(108): 81-92]. doi: 10.15574/SP.2020.108.81.
23. Kathirvel E, Morgan K, Nandgiri G, Sandoval BC, Caudill MA et al. (2010). Betaine improves nonalcoholic fatty liver and associated hepatic insulin resistance: a potential mechanism for hepatoprotection by betaine. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 299(5): G1068-1077 doi: 10.1152/ajpgi.00249.2010.
24. Kelly B, Pearce EL. (2020). Amino Assets: How Amino Acids Support Immunity. *Cell Metabolism*. 32(2): 154-175. doi: 10.1016/j.cmet.2020.06.010.
25. Kępka A, Ochocińska A, Chojnowska S, Borzym-Kluczyk M, Skorupa E et al. (2021). Potential Role of L-Carnitine in Autism Spectrum Disorder. *J Clin Med*. 10(6): 1202. doi: 10.3390/jcm10061202.
26. Kępka A, Szajda SD, Waszkiewicz N, Płudowski P, Chojnowska S, Michał Rudy M et al. (2011). Carnitine: Function, metabolism and value in hepatic failure during chronic alcohol intoxication. *Post. Hig. Med. Dosw*. 65: 645-653. doi: 10.5604/17322693.962226.
27. Kerr MA, Livingstone B, Bates CJ et al. (2009). Folate, related B vitamins, and homocysteine in childhood and adolescence: potential implications for disease risk in later life. *Pediatrics*. 123(2): 627-635. doi: 10.1542/peds.2008-1049.
28. Kramarev SA, Zakordonets LV. (2019). Vozmozhnosty primeneniya arginina i betaina v klinicheskoy praktike. *Zdorove rebenka*. 14(5). [Крамарев СА, Закордонец ЛВ. (2019). Возможности применения аргинина и бетайна в клинической практике. *Здоровье ребенка*. 14(5)]. URL: <http://ir.library.nmu.com/handle/123456789/2971>.
29. Kriuchko TO, Bubyri LM, Poda OA, Kolenko IO, Ivanytskyi IV et al. (2024). Metabolichno-asotsioivana steatotychna khvoroba pechinky u ditei: mozhlyvosti diahnozyky ta likuvannya. *Suchasna gastroenterologhiia*. 4(138): 18-28 [Крючко ТО, Бубир ЛМ, Пода ОА, Коленко ІО, Іваницький ІВ та інш. (2024).

- Метаболічно-асоційована стеатотична хвороба печінки в дітей: можливості діагностики та лікування. Сучасна гастроентерологія. 4(138): 18-28]. doi: 10.30978/MG-2024-4-18.
30. Kushta AO. (2022). Vplyv kompleksnoi terapii iz zastosuvaniem L-arhininu ta hlutaminovoi kysloty na vidnovni protsesy u onkikhvorykh. Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu. 26(2): 225-228. [Кушта АО. (2022). Вплив комплексної терапії із застосуванням L-аргініну та глутамінової кислоти на відновні процеси у онкохворих. Вісник Вінницького національного медичного університету. 26(2): 225-228]. doi: 10.31393/reports-vnmedic-2022-26(2)-09.
 31. Lever M, Slow S. (2010). The clinical significance of betaine, an osmolyte with a key role in methyl group metabolism. Clin Biochem. 43(9): 732-744. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2010.03.009.
 32. Lienhart WD, Gudipati V, Macheroux P. (2013). The human flavoproteome. Arch. Biochem. Biophys. 535: 150-162. doi: 10.1016/j.abb.2013.02.015.
 33. Ling ZN, Jiang YF, Ru JN et al. (2023). Amino acid metabolism in health and disease. Signal Transduction and Targeted Therapy. 8: 345. doi: 10.1038/s41392-023-01569-3.
 34. Marushko YuV, Boiko NS, Lysovets OV ta in. (2011). Dosvid zastosuvannia preparatu Neirovitan u ditei z vehetativnoiu dysfunktsiieiu. Zdorov'ia Ukrainy. 3: 62-63. [Марушко ЮВ, Бойко НС, Лисовець ОВ та ін. (2011). Досвід застосування препарату Нейровітан у дітей з вегетативною дисфункцією. Здоров'я України. 3: 62-63]. URL: https://health-ua.com/pics/pdf/ZU_2011_Nevro_1/62-63.pdf.
 35. McNulty H, Pentieva K, Ward M. (2023). Causes and Clinical Sequelae of Riboflavin Deficiency. Annual Review of Nutrition. 43: 101-122. doi: 10.1146/annurev-nutr-061121-084407.
 36. McRae MP. (2013). Betaine supplementation decreases plasma homocysteine in healthy adult participants: a meta-analysis. J Chiropr Med. 12(1): 20-25. doi: 10.1016/j.jcm.2012.11.001.
 37. Mituriaieva-Korniiko IO. (2018). Imunomoduliuichi mozhlyvosti L-karnitinu – inovatsiine medykamentozne suprovodzhennia terapii infektsiinoho protsesu. Mizhnarodnyi zhurnal pediatrii, akusherstva ta hinekologii. 12(3): 76-81. [Мітюряєва-Корнійко ІО. (2018). Імуномодуючі можливості L-карнітину – інноваційне медикаментозне супроводження терапії інфекційного процесу. Міжнародний журнал педіатрії, акушерства та гінекології. 12(3): 76-81]. URL: <http://ijpog.org/downloads/32/2.pdf>.
 38. Mosegaard S, Dipace G, Bross P, Carlsen J, Gregersen N, Olsen RKJ. (2020). Riboflavin Deficiency — Implications for General Human Health and Inborn Errors of Metabolism. International Journal of Molecular Sciences. 21(11): 3847. doi: 10.3390/ijms21113847.
 39. Mukherjee S. (2020). Role of betaine in liver disease—worth revisiting or has the die been cast? World J Gastroenterol. 26(38): 5745-5748. doi: 10.3748/wjg.v26.i38.5745.
 40. Nelson DL, Cox MM. (2017). Lehninger principles of biochemistry. 7th edn. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencepapers?referenceid=2103234>.
 41. Nemish IL. (2024). Hiperamoniemiia yak napriam korektsii patohenezu khronichnykh zakhvoriuvan pechinky. Ukr. med. chasopys. 5(163). [Неміш ІЛ. (2024). Гіперамоніємія як напрям корекції патогенезу хронічних захворювань печінки. Укр. мед. часопис. 5(163)]. doi: 10.32471/umj.1680-3051.163.257050.
 42. Odia A, Esezobor OZ. (2017). Therapeutic uses of amino acids. In book: Amino Acid – New Insights and Roles in Plant and Animal. Chapter: 1. Publisher: InTech. Editors: Toshiki Asao and Md. Asaduzzaman: 4-14. doi: 10.5772/intechopen.68932.
 43. Osowska S, Moinard C, Neveux N, Loï C, Cynober L. (2004). Citrulline increases arginine pools and restores nitrogen balance after massive intestinal resection. Gut. 53(12): 1781-1786. doi: 10.1136/gut.2004.042317.
 44. Paoletti A, Courtney-Martin G, Elango R. (2024). Determining amino acid requirements in humans Sec. Nutrition and Metabolism. Front. Nutr. 11: 1400719. doi: 10.3389/fnut.2024.1400719.
 45. Peechakara BV, Sina RE, Gupta M. (2024). Vitamin B2 (Riboflavin). In: StatPearls. PMID: 30247852.
 46. Pietkova IB, Unhurian LM, Horiacha LM. (2020). Doslidzhennia aminokyslot CENTAUREA CYANUS L. Medychna ta klinichna khimiia. 22(3): 94-98. [Петкова ІБ, Унгурян ЛМ, Горяча ЛМ. (2020). Дослідження амінокислот CENTAUREA CYANUS L. Медична та клінічна хімія. 22(3): 94-98]. doi: 10.11603/mcch.2410-681X.2020.vi3.11545.
 47. Pillai RR, Kurpad AV. (2012). Amino acid requirements in children and the elderly population. British Journal of Nutrition. 108: S44–S49. doi:10.1017/S0007114512002401.
 48. Ron-Harel N, Ghergurovich JM, Notarangelo G, LaFleur MW, Tsubosaka Y, Sharpe AH et al. (2019). T cell activation depends on extracellular alanine. Cell Rep. 28(12): 3011-3021.e4. doi: 10.1016/j.celrep.2019.08.034.
 49. Ribas GS, Vargas CR, Wajner M. (2014). L-carnitine supplementation as a potential antioxidant therapy for inherited neuro-metabolic disorders. Gene. 533: 469-476. doi: 10.1016/j.gene.2013.10.017.
 50. Ringseis R, Keller J, Eder K. (2012). Role of carnitine in the regulation of glucose homeostasis and insulin sensitivity: Evidence from in vivo and in vitro studies with carnitine supplementation and carnitine deficiency. Eur. J. Nutr. 51: 1-18. doi: 10.1007/s00394-011-0284-2.
 51. Rucker RB, Zempleni J, Suttie JW, McCormick DB. (2012). Handbook of Vitamins. 4th Edition: 608. doi: 10.1201/9781420005806.
 52. Sarrai DKH, Horiacha LM, Zhuravel IO. (2021). Doslidzhennia aminokyslot u syrovyni Mirabilis Jalapa L. Annals of Mechnikov Institute. 3: 65-68. [Саррай ДХА, Горяча ЛМ, Журавель ІО. (2021). Дослідження амінокислот у сировині Mirabilis Jalapa L. Annals of Mechnikov Institute. 3: 65-68]. doi: 10.5281/zenodo.5499674.
 53. Shadrin OH. (2018). Pytannia zastosuvannia kombinatsii beta-inu ta arhininu v klinichnii praktysi. Praktikuichi likar. 7(1): 25-29. [Шадрін ОГ. (2018). Питання застосування комбінації бетаїну та аргініну в клінічній практиці. Практикуючий лікар. 7(1): 25-29]. URL: <https://plr.com.ua/index.php/journal/article/view/6>.
 54. Sookoian S, Puri P, Castaño GO, Scian R, Mirshahi F et al. (2017). Nonalcoholic steatohepatitis is associated with a state of betaine-insufficiency. Liver Int. 37: 611-619. doi: 10.1111/liv.13249.
 55. Stasyuk N, Gayda G, Yepremyan H, Stepien A, Gonchar M. (2017, Jan 5). Fluorometric enzymatic assay of L-arginine. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. 170: 184-190. Epub 2016 Jul 11. doi: 10.1016/j.saa.2016.07.019. PMID: 27450117.
 56. Stoeva TV, Bratkova LB, Prokhorova SV, Ryzhykova TI. (2018). Skorochennia tryvalosti syndromu astenii u ditei, shcho rozvynulas na tli hostrykh respiratornykh zakhvoriuvan, z vykorystanniam metabolichnoi terapii preparatom Kardonat. Zdorov'ia dytyny. 13(1): 144-149. [Стоева ТВ, Браткова ЛБ, Прохорова СВ, Рижикова ТІ. (2018). Скорочення тривалості синдрому астенії у дітей, що розвинулась на тлі гострих респіраторних захворювань, з використанням метаболічної терапії препаратом Кардонат. Здоров'я дитини. 13(1): 144-149]. URL: https://sperco.ua/wp-content/uploads/2020/10/Statya_Kardonat_dajdzhest_Stoeva.pdf
 57. Suwannasom N, Kao I, Pruß A, Georgieva R, Bäuml H. (2020). Riboflavin: The Health Benefits of a Forgotten Natural Vitamin. International Journal of Molecular Sciences. 21(3): 950. doi: 10.3390/ijms21030950.
 58. Talebian A, Soltani B, Banafshe HR, Moosavi GA, Talebian M, Soltani S. (2018). Prophylactic effect of riboflavin on pediatric migraine: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Electron Physician. 10(2): 6279-6285. doi: 10.19082/6279.
 59. Thakur K, Tomar SK, De S. (2016). De Lactic acid bacteria as a cell factory for riboflavin production. Microb. Biotechnol. 9: 441-451. doi: 10.1111/1751-7915.12335.
 60. Tokarchuk NI, Vyzhga YV. (2016). Prescribition of the levocarnitin for the treatment of secondary cardiomyopathy in infants. Sovremennaya pediatriya. 5(77): 67-70. [Токарчук НІ, Ви́зга ЮВ. (2016). Застосування левокарнітину для лікування

REVIEWS

- вторинної кардіоміопатії у дітей раннього віку. Сучасна педіатрія. 5(77): 67-70]. doi: 10.15574/SP.2016.77.67.
61. Truitt C, Hoff WD, Deole R. (2021). Health functionalities of betaine in patients with homocystinuria. *Front. Nutr.* 8: 627. doi: 10.3389/fnut.2021.690359.
 62. Veskovic M, Mladenovic D, Milenkovic M, Tosic J, Borozan S, Gopcevic K et al. (2019). Betaine modulates oxidative stress, inflammation, apoptosis, autophagy, and Akt/mTOR signaling in methionine-choline deficiency-induced fatty liver disease. *Eur J Pharmacol.* 848: 39-48. doi: 10.1016/j.ejphar.2019.01.043.
 63. Waheed EJ., Obaid SMH, Ali AM. (2019). Biological Activities of Amino Acid Derivatives and their Complexes a Review. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 10(2): 1624-1641. URL: https://www.researchgate.net/publication/333784277_Biological_Activities_of_Amino_Acid_Derivatives_and_their_Complexes_a_Review.
 64. Wang C, Ma C, Gong L, Dai S, Li Yu. (2021). Preventive and therapeutic role of betaine in liver disease: A review on molecular mechanisms. *European Journal of Pharmacology.* 912: 174604. doi: 10.1016/j.ejphar.2021.174604.
 65. Willingham BD, Ragland TJ, Ormsbee MJ. (2020). Betaine Supplementation May Improve Heat Tolerance: Potential Mechanisms in Humans. *Nutrients.* 12: 2939. doi: 10.3390/nu12102939.
 66. Wu G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids.* 45: 407-411. doi: 10.1007/s00726-013-1500-6.
 67. Yamanaka G, Suzuki S, Takeshita M, Go S, Morishita N, Takamatsu T et al. (2020). Effectiveness of low-dose riboflavin as a prophylactic agent in pediatric migraine. *Brain and Development.* 42(7): 523-528. doi: 10.1016/j.braindev.2020.04.002.
-

Відомості про авторів:

Кравченко Тетяна Юрївна – к.мед.н., доц. каф. педіатрії ОНМедУ. Адреса: м. Одеса, вул. Вороб'єва, 3. <https://orcid.org/0000-0002-2700-8323>.

Усенко Дар'я Вячеславівна – д.філос., доц. каф. педіатрії ОНМедУ. Адреса: м. Одеса, вул. Вороб'єва, 3. <https://orcid.org/0000-0003-4143-2099>.

Стаття надійшла до редакції 17.03.2025 р., прийнята до друку 10.06.2025 р.