

УДК 616-053.2:612.015.3:577.164

**О.М. Мочульська, Ю.В. Завіднюк, І.Л. Горішна, Б.М. Паласюк,
Н.М. Гаврилюк, О.С. Карашівська, І.О. Ястремська, В.С. Білоус**

Водорозчинні вітаміни, їхнє значення в обмінних процесах, рості та розвитку дітей різного віку

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2024). 6(142): 96-103. doi: 10.15574/SP.2024.6(142).96103

For citation: Mochulska OM, Zavidnyuk YuV, Horishna IL, Palasiuk BM, Gavryliuk NM, Karashivska OS et al. (2024). Water-soluble vitamins, their significance in metabolism, growth and development of children of different ages. Modern Pediatrics. Ukraine. 6(142): 96-103. doi: 10.15574/SP.2024.6(142).96103.

Вітаміни є високо біологічно активними низькомолекулярними сполуками різної хімічної природи, які мають різний склад, будову та фізико-хімічні властивості. На протизагу білкам жирам і вуглеводам, які є макронутрієнтами, вітаміни належать до мікронутрієнтів, що володіють високою біологічною активністю, хоча вони не виконують функцію джерела енергії чи пластичного матеріалу.

Мета: підвищити поінформованість про біологічні та клінічні ефекти водорозчинних вітамінів, їхнє значення в обмінних процесах, рості та розвитку дітей.

Вітаміни класифікують за фізико-хімічними особливостями на водо- та жиророзчинні. До водорозчинних вітамінів належать: С, Н, Р, В₁₂, В₉, В₆, В₅, В₃, В₂, В₁. Водорозчинні вітаміни виконують функцію біологічних каталізаторів різних обмінних процесів, росту та розвитку дітей, регулюють більшість життєво важливих функцій дитячого організму, необхідні для збалансованої роботи усіх органів і систем. Водорозчинні вітаміни не акумулюються в організмі, тому їхня концентрація у тканинах залежить від споживання з раціоном. Водорозчинні вітаміни надзвичайно необхідні для росту і розвитку, здоров'я дітей різного віку. Водорозчинні вітаміни надзвичайно потрібні для підтримання здоров'я шкіри, слизових оболонок, забезпечення адекватного гемопоезу, нормального функціонування серцево-судинної, нервової, ендокринної та травної систем.

Висновки. Водорозчинні вітаміни є есенціальними екзогенними аліментарними факторами, що повинні стабільно надходити в дитячий організм із продуктами харчування в дозах, відповідно до фізіологічної потреби. Перебіг усіх життєво важливих процесів у дитячому організмі відбувається за безпосередньою участю водорозчинних вітамінів. Водорозчинні вітаміни регулюють функцію різних тканин, органів і систем, активуючи численну кількість біологічних, сприяють стійкості організму до дії зовнішніх факторів. Якісний скринінг порушення обміну водорозчинних вітамінів та їхня корекція в дітей сприятимуть покращенню стану здоров'я та підвищать їхню якість життя.

Ключові слова: водорозчинні вітаміни, метаболізм, ріст, розвиток, обмін речовин, діти.

Water-soluble vitamins, their significance in metabolism, growth and development of children of different ages

O.M. Mochulska, Yu.V. Zavidnyuk, I.L. Horishna, B.M. Palasiuk, N.M. Gavryliuk, O.S. Karashivska, I.O. Yastremska, V.S. Bilous

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

Vitamins are highly biologically active low-molecular compounds of different chemical nature, with different compositions, structures, and physicochemical properties. In contrast to proteins, fats, and carbohydrates, which are macronutrients, vitamins belong to micronutrients, which have high biological activity, although they do not function as an energy source or plastic material.

Aim — to raise awareness of the biological and clinical effects of water-soluble vitamins, their importance in metabolic processes, growth and development of children.

Vitamins are classified according to their physical and chemical characteristics as water-soluble and fat-soluble. Water-soluble vitamins include С, Н, Р, В₁₂, В₉, В₆, В₅, В₃, В₂, В₁. Water-soluble vitamins perform the function of biological catalysts of various metabolic processes, growth and development of children, regulate most of the vital functions of the child's body, necessary for the balanced work of all organs and systems. Water-soluble vitamins do not accumulate in the body, so their concentration in tissues depends on consumption with diet. Water-soluble vitamins are extremely necessary for the growth and development, health of children of all ages. Water-soluble vitamins are extremely necessary for maintaining healthy skin and mucous membranes, ensuring adequate hematopoiesis, and the normal functioning of the cardiovascular, nervous, endocrine, and digestive systems.

Conclusions. Water-soluble vitamins are essential exogenous alimentary factors that should be steadily supplied to the child's body with food in doses in accordance with physiological needs. All vital processes in the child's body take place with the direct participation of water-soluble vitamins. Water-soluble vitamins regulate the function of various tissues, organs and systems, activating a large number of biological ones, and contribute to the body's resistance to external factors. Screening for disorders of the metabolism of water-soluble vitamins and their correction in children can improve health and increase the quality of life.

Keywords: water-soluble vitamins, metabolism, growth, development, metabolic process, children.

Вступ

Вітаміни є високо біологічно активними низькомолекулярними сполуками різної хімічної природи, які відрізняються за складом, будовою та фізико-хімічними властивостями. Вітаміни практично не синтезуються в дитячому організмі або синтезуються в мізерних, недостатніх для повноцінного забезпечення кількостях, переважно надходять аліментарно із їжею [3,4,6,7,9,10]. На противагу білкам, жирам і вуглеводам, які є макронутрієнтами, вітаміни належать до мікронутрієнтів. Їхній вміст у продуктах харчування невеликий, але вітаміни володіють високою біологічною активністю, хоча вони не виконують функцію джерела енергії чи пластичного матеріалу [5,8,9]. Вітаміни класифікують за фізико-хімічними особливостями на водо- та жиророзчинні [4,6,7,10].

Водорозчинні вітаміни виконують функцію біологічних каталізаторів різних обмінних процесів, росту та розвитку дітей, регулюють більшість життєво важливих функцій дитячого організму, необхідні для збалансованої роботи усіх органів і систем [3–5,8–10,12]. Водорозчинні вітаміни не акумулюються в організмі, тому їхня концентрація у тканинах залежить від споживання з раціоном. Засвоюваність водорозчинних вітамінів із продуктів харчування є достатньо високою, їхній метаболізм між внутрішньо- і позаклітинною рідиною відбувається відносно легко, екскретуються переважно із сечею. Водорозчинні вітаміни

є коферментами (біологічних каталізаторів) в метаболізмі амінокислот і нуклеїнових кислот, білків, енергії, а також косубстратами у ферментативних реакціях. Водорозчинні вітаміни впливають на клітинний метаболізм, підвищують стійкість організму до дії несприятливих екзогенних факторів [1,3,5–7,11]. Вони вкрай необхідні для росту і розвитку, здоров'я дітей різного віку. Водорозчинні вітаміни надзвичайно потрібні для підтримання здоров'я шкіри, слизових оболонок, забезпечення адекватного гемопоезу, нормального функціонування серцево-судинної, нервової, ендокринної та травної систем [1,4,7,8,10,12].

Мета роботи: підвищити поінформованість про біологічні та клінічні ефекти водорозчинних вітамінів С, Н, Р, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉, В₁₂, їхнє значення в обмінних процесах, рості та розвитку дітей.

На сьогодні вивчено більше ніж 40 вітамінів, за фізико-хімічними властивостями їх поділяють на водорозчинні та жиророзчинні. До водорозчинних вітамінів належать: С, Н, Р, В₁₂, В₉, В₆, В₅, В₃, В₂, В₁ (табл. 1) [4,6,7,10,12].

Вітамін С (аскорбінова кислота, дегідроаскорбінова кислота, антискорбутний) каталізує реакції біосинтезу, зокрема гідроксилювання проліну у процесі утворення колагену, тому є необхідним для нормального перебігу регенеративних процесів і загоєння тканин [4,6–10]. Вітамін С необхідний для нормального функціонування сполучної та кісткової тканини, регулює стійкість організму до різноманітних вірусних та бактеріальних факторів,

Таблиця 1

Номенклатура водорозчинних вітамінів

Міжнародна номенклатура	Хімічна назва	Лікувальний ефект
Водорозчинні вітаміни		
С	аскорбінова кислота, дегідроаскорбінова кислота	антискорбутний
Н / В ₇	біотин	антисеборейний
Р	біофлавоноїди, рутин	капіляророзміцнювальний, фактор проникності
В ₁	тіамін, анейрин	антиневритний
В ₂	рибофлавін	вітамін росту
В ₃ / РР	ніацин, нікотинамід, ніотинова кислота	антипелагричний
В ₅	пантотенова кислота	антидерматитний
В ₆	піридоксин, піридоксамін, піридоксаль	антидерматитний
В ₉ / В _с	фолієва кислота, фоліацин	антианемічний, фактор росту
В ₁₂	ціанокобаламін	антианемічний

дії токсинів, підтримує адекватне кровотворення та проникність судин, бере участь в окисно-відновних реакціях, всмоктуванні заліза, обміні холестерину і гормонів кори наднирників [3,4,6,9,10].

Добова потреба дітей у вітаміні С залежно від віку становить 30–80 мг [3,4,6,7,9,10].

Джерела вітаміну С: кислі фрукти (смородина, апельсини, лимон, мандарин, вишня, черешня, полуниця, яблука), плоди (шипшина, горобина, агрус) та овочі (ротунда, солодкий перець, білокачанна та цвітна капуста), зелень (щавель, шпинат, кріп, петрушка) [3,4,6,9,10].

Авітаміноз вітаміну С призводить до розвитку клінічних ознак **цинги**, яка може виникнути через раціон, позбавлений овочів та фруктів. Маніфестація цинги в дітей проявляється вираженим неспокоєм, псевдопаралічами, ознаками розм'якшення кісток із набряками [1,5,8,10,12]. Клінічні прояви авітамінозу вітаміну С — **цинги**: кровоточивість ясен та петехії, ураження зубів, набряки з артралгіями, пошкодження кісток, субперіостальні крововиливи, гіперкератоз волосяних фолікулів, розвиток ментальних розладів, блідість шкірних покривів, анемія, спричинена кровотечами, зниженим всмоктуванням заліза і порушенням метаболізму фолатів, погіршення загоєння ран, ослаблення імунітету [1,3,4,6–10].

Гіповітаміноз і субклінічний гіповітаміноз вітаміну С є досить поширеним явищем і спостерігається в дітей дошкільного і шкільного віку. Найважливішою причиною гіповітамінозу С є дефіцит аліментарний, зумовлений недостатнім вживанням переважно овочів, фруктів, можливе руйнування вітаміну як наслідок невірної кулінарної обробки продуктів [6–8,10,12]. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну С: кровоточивість ясен, гінгівіт, гіпохромна анемія, зниження стійкості до інфекцій, зниження працездатності, кволість, слабкість у ногах, дратівливість [1,3–5,9,10].

Вітамін Н / В₇ (біотин, антисеборейний) свою назву вітамін отримав від грецького *bios* — життя, оскільки може стимулювати ріст грибів, бактерій. Вітамін Н має важливе значення в метаболізмі білків, жирів, вуглеводів, підтримує нормальний рівень глюкози у крові [3,4,8,10,12]. Вітамін Н називають мікровітаміном тому, що його фізіологічна потреба вкрай низька, порівняно з іншими вітамінами. Вітамін Н забезпечує нормальне функціонування клітин шкіри та волосся; потових залоз, нерво-

вої тканини, кісткового мозку, статевих залоз. Мікрофлора кишечника синтезує вітамін Н у достатній кількості для організму [3,4,6,9].

Добова потреба дітей у вітаміні Н залежно від віку становить 5–40 мкг [4,6,9,10].

Джерела вітаміну Н: печінка, яйця, дріжджі, горіхи, бобові (соя, горох, квасоля, арахіс), крупи (рис, кукурудзяна, вівсяна крупа), цвітна капуста, молоко, сир [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну Н в організмі може виникнути при дисбіозі кишечника, порушенні мікрофлори та пристінкового травлення, зумовлених атрофією слизової оболонки шлунка, тонкої та товстої кишки [3,4,6,7,9]. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну Н: дерматит, екзема, жирна себорея, дифузне випадіння волосся, алопеція, ламкість нігтів, астенія, сонливість, депресія, нудота, гіпорексія, гладкий білий язик, гіперхолестеринемія, анемія, кон'юнктивіт, гепатомегалія [2,4,5,9,10,12].

Вітамін Р (рутин, біофлавоноїди, фактор проникності, капіляррозміцнювальний — комплекс біофлавоноїдів із капіляррозміцнювальною активністю. Біофлавоноїди — дуже різноманітна група сполук. Так у рослинах виявлено до 2000 флавоноїдних речовин. Біофлавоноїди в організмі трансформуються на фенольні кислоти. Біологічні ефекти флавоноїдів на обмін ще недостатньо вивчені. Біофлавоноїди мають капіляррозміцнювальну дію (знижують проникність капілярів) [3,4,8,10,12]. Вітамін Р разом із вітаміном С регулюють синтез колагену сполучної тканини, інгібують деполімеризацію гіалуронової кислоти гіалуронідазою, тому здатні ущільнювати стінки судин і знижують проникність капілярів. Вітамін Р активує тканинне дихання. Вітамін Р має протизапальну, ангіопротекторну, антиоксидантну, спазмолітичну, ранозагоювальну, антидотну, протиалергічну, протизапальну, антивірусну дію [3,4,6,9].

Добова потреба дітей у вітаміні Р залежно від віку становить 25–50мг [3,4,6,7,9,10].

Джерела вітаміну Р: кислі фрукти (смородина, апельсини, лимон, мандарин, вишня, черешня, полуниця, яблука, виноград), плоди (шипшина, горобина, агрус) та овочі (ротунда, солодкий перець, білокачанна та цвітна капуста), зелень (щавель, шпинат, кріп, петрушка) [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну Р характеризується підвищеною ламкістю і проникністю капілярів, геморагіями на шкірі, підвищеною кровоточивістю, набряками [2–4,6].

Вітамін В₁ (тіамін, аневрин, антиневритний) впливає на синтез ацетилхоліну, каталізує утворення ацетил-КоА, тому він необхідний для нормального функціонування парасимпатичного і симпатичного відділу вегетативної нервової системи, регуляції функцій внутрішніх органів та систем. Вітамін В₁ є складовою частиною коферментів, які забезпечують обмін білків, жирів, вуглеводів та води. Вітамін В₁ активує асиміляційні процеси в дитячому організмі, тому він дуже важливий для росту і розвитку дітей. Під час пастеризації та стерилізації молока вітамін В₁ може руйнуватися. Висока інтенсивність процесу навчання, пов'язана з високим функціональним навантаженням нервової системи дитини, потребує забезпечення організму дітей вищими кількостями вітаміном В₁ для адекватних процесів метаболізму в нервовій тканині [3,4,6,7,12].

Добова потреба дітей у вітаміні В₁ залежно від віку становить 0,3–1,5 мг [3,4,6,7,9,10].

Джерела вітаміну В₁: дріжджі та зернові, борошно грубого помелу, бобові (горох, квасоля, соя), крупи (вівсяна, гречана, пшоняна), печінка, м'ясо (свинина, телятина), картопля, цвітна капуста, молочні продукти (молоко, масло, твердий і м'який сир) [3,4,6,9].

Авітаміноз вітаміну В₁ проявляється як дитяча форма **бері-бері** переважно розвивається віком від 1-го до 4-ох місяців у дітей внаслідок вигодовування кип'яченим молоком, також у малюків із білково-енергетичною недостатністю, які перебувають на парентеральному харчуванні. У дітей переважає гостра волога форма з кардіологічною симптоматикою. Клінічні прояви авітамінозу вітаміну В₁ у дітей — **бері-бері**: анорексія, блювання, апатія, неспокій, афонічний плач, блідість, задишка, ціаноз, серцева недостатність, периферична нейропатія і парестезії [1,3,5,6,9].

Гіповітаміноз вітаміну В₁ — найпоширенішими причинами є мальабсорбція, а також одноманітний раціон із продуктами зерна тонкого помелу, надмірна кількість вуглеводів, споживання продуктів з вмістом тіаминази (сирі морепродукти). Дефіцит вітаміну В₁ може розвиватися від посиленого потовиділення в умовах високої температури навколишнього середовища, значному фізичному, розумовому та нервовому навантаженнях. Недостатнє забезпечення дітей і підлітків вітаміном В₁ зумовлює зниження успішності навчання, синдрому швидкої втоми й астенії. Клінічні прояви гіповітамі-

нозу вітаміну В₁: головний біль, дратівливість, периферичні поліневрити, гіпестезії, парестезії, тахікардія, задишка, кардіалгія, зниження апетиту, біль у животі, нудота, закрепи [3,4,6,9].

Гіпервітаміноз В₁ простежується рідко, що обумовлено малою токсичністю препаратів цього вітаміну, хоча прийом високих доз вітаміну В₁ може проявлятися алергічними реакціями [2–4,6].

Вітамін В₂ (рибофлавін, вітамін росту) виконує роль простетичної групи флавінових ферментів, які забезпечують перебіг процесів, спряжених з утворенням та виділенням енергії АТФ, що дуже важливо для багатьох фізіологічних функцій дитячого організму. Вітамін В₂ відіграє активну роль в обміні білків, жирів, вуглеводів. Вітамін В₂ залучений у синтезі зорового пурпуру, захищає очі від впливу надмірного ультрафіолетового випромінювання. Вітамін В₂ необхідний для підтримання нормальної гостроти зору, забезпечення гемопоєзу, здоров'я шкіри та слизових оболонок [3,4,6,9].

Добова потреба дітей у вітаміні В₂ залежно від віку становить 0,4–1,8 мг [3,4,6,7,9,10].

Джерела вітаміну В₂: дріжджі, зернобобові, печінка, сушені гриби, молочні продукти (молоко, масло, твердий і м'який сир), яйця, м'ясо (яловичина, телятина, курятина), риба, крупи (гречана, вівсяна) [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз та авітаміноз вітаміну В₂ зазвичай розвивається при тривалому харчуванні рафінованими рослинними продуктами, різкому зниженні споживання молока і молочних продуктів, його підвищеному виведенні з організму, порушенні всмоктування при патології шлунково-кишкового тракту. Субклінічний дефіцит вітаміну В₂ частіше простежується у хворих на цукровий діабет, хронічні захворювання серцево-судинної системи, дітей із малозабезпечених сімей, а також у дітей в умовах тривалої фототерапії через гіпербілірубінемію [1,4,7–11]. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну В₂: ангулярний стоматит, глосит, хейлоз, себорейний дерматит навколо носа і рота, очні симптоми (зниження сльозовиділення, фотофобія, васкуляризація рогівки, формування катаракти), орогенітальний синдром із вираженим поєднаним ураженням слизової оболонки ротової порожнини, анального отвору і зовнішніх статевих органів [3,4,8,9,12].

Гіпервітаміноз вітаміну В₂ — надмірне введення вітаміну В₂ в організм не супро-

воджується ознаками інтоксикації чи розвитком будь-яких патологічних станів [3,4,6,10].

Вітамін В₃ / РР (ніацин, нікотинамід, нікотинова кислота, антипелагричний) назва РР означає протипелагричний (preventive pellagra). Вітамін В₃ існує у двох формах — нікотинової кислоти і нікотиноміду [3,4,6,9]. Нікотинамід, головна форма вітаміну, функціонує як компонент коферментів нікотинамідаденіндинуклеотиду та аденіндинуклеотидфосфату. Ніацин бере участь у численній кількості метаболічних процесів, зокрема у внутрішньоклітинному диханні і гліколізі. Ніацин — відносно стабільна сполука у харчових продуктах, стійкий до нагрівання та зберігання. Близько 70% загальної кількості еквівалентів ніацину грудного молока отримуються саме з триптофану [3,4,6,7,12].

Добова потреба дітей у вітаміні В₃ залежно від віку становить 5–20 мг [3,5,6,9,10].

Джерела вітаміну В₃: дріжджі, зернові, борошно грубого помелу, бобові (горох, квасоля, соя), крупи (вівсяна, гречана, пшоняна), яйця, горіхи, м'ясо, печінка, риба, сушені гриби, молоко, картопля [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну В₃ / РР перебіг проходить у вигляді **пелагри** — патології, яка характеризується ураженням шлунково-кишкового тракту, шкіри та нервово-психічної сфери. Класичною є **тріада симптомів: дерматит, діарея, деменція**. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну В₃: ураження слизових оболонок ротової порожнини (стоматит, гінгівіт, глосит) та кишечника, діарея з нудотою, болем у животі, дерматит — симетричною еритемою на відкритих ділянках тіла (обличчя, кисті рук), деменція — енцефалопатія, психотичними реакціями, галюцинаціями [4,7,9,10,12]. Основна причина нестачі вітаміну В₃ — хронічні захворювання шлунково-кишкового тракту із порушенням всмоктування вітаміну, а також нераціональне харчування дітей та підлітків. Описані випадки розвитку **пелагри** в дітей із використанням кукурудзи як основного продукту раціону, у якій ніацин міститься у зв'язаній малозасвоюваній формі [3–7,9,10].

Субклінічний гіповітаміноз вітаміну В₃ проявляється змінами чутливості шкіри, порушеннями з боку шлунково-кишкового тракту, дратівливістю [3,4,6,9].

Гіпервітаміноз вітаміну В₃/РР надлишковий прийом нікотинової кислоти (але не нікотинаміду) може супроводжуватися неспецифіч-

ною реакцією: гіперемією обличчя із відчуттям жару, алергічні реакції [3–7,9,10].

Вітамін В₅ (пантотенова кислота, антидерматитний) широко розповсюджений у природі у продуктах рослинного і тваринного походження, звідси і його назва — пантотенова кислота від латинського *panthos* — всюди. Основною коферментною формою пантотенової кислоти є кофермент А (КоА) чи коензим [3,4,6,9]. Через це пантотенова кислота бере участь у реалізації багатьох фундаментальних біохімічних процесів: окисненні та синтезі жирних кислот; окисному декарбоксилюванню кетокислот, циклу трикарбонових кислот, синтезі нейтральних жирів, стероїдних гормонів, фосфоліпідів, ацетилхоліну, біосинтезі гема [4,6–10]. Вітамін В₅ входить до складу коферментів, які забезпечують окислювально-відновні реакції, клітинне дихання, бере участь в обміні білків, жирів, вуглеводів, води та мінералів. Вітамін В₅ впливає на функціонування нервової та серцево-судинної систем, органи травлення, функцію печінки, шкіри. Виводиться пантотенова кислота через кишечник та нирки. Має низьку токсичність навіть у високих дозах, тому випадків інтоксикації щодо неї не описано [3,4,6,10].

Добова потреба дітей у вітаміні В₅ залежно від віку становить 5–10 мг [3,4,6,7,9,10].

Джерела вітаміну В₅: дріжджі, печінка, яйця, пророслі зерна, бобові (горох, квасоля, соя), крупи (гречана, вівсяна) [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну В₅ трапляється зовсім рідко, оскільки пантотенова кислота міститься практично у всіх харчових продуктах у достатніх кількостях. Причиною дефіциту вітаміну В₅ може бути тривалий її дефіцит у продуктах харчування. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну В₅: ураження нервової системи (порушення сну, астенія, головний біль, парестезії, неврити, паралічі), серцево-судинної системи (дистрофічні зміни, порушення ритму серця) та нирок, шлунково-кишкового тракту (втрата апетиту, порушення порожнинного та пристінкового травлення), дегенеративними змінами в корі надниркових залоз із розвитком гіпокортицизму [3,4,6,8,10,12].

Вітамін В₆ (піридоксин, піридоксамін, піридоксаль, антидерматитний) характеризується винятково широким спектром біологічної дії, бере участь у регуляції обміну білків, жирів, вуглеводів, біосинтезі гема і біогенних амінів, гормонів щитоподібної залози. Вітамін В₆ представлений трьома формами піридинів: піри-

доксин, піридоксаль, піридоксамін. Піридини між собою тісно взаємопов'язані метаболічно та функціонально. Вітамін В₆ впливає на метаболізм амінокислот, ліпідів та вуглеводів, синтез серотоніну та ніацину, а також на біосинтез простагландинів. Вітамін В₆ бере участь в обмінних процесах і функціонуванні центральної та периферичної нервової системи, імунної системи. Вітамін В₆ синтезується кишковою мікрофлорою, частково покриваючи потребу організму [3,4,6,7,9,10].

Добова потреба дітей у вітаміні В₆ залежно від віку становить 0,4–2,0 мг [3,5,8,10–12].

Джерела вітаміну В₆: пшеничне борошно, пшоно, куряча печінка, м'ясо, риба, картопля, морква, капуста [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну В₆ частіше виникає при неправильній термічній обробці продуктів харчування. Піридоксаль і піридоксамін дуже термолабільні, легко руйнуються впливом нагрівання до високих температур, тому термічна обробка їжі спричиняє дефіцит вітаміну В₆ у малюків, яких вигодовують сумішами, отриманими з порушеннями у процесі виробництва [3,4,6,9]. Причинами дефіциту вітаміну В₆ може бути порушення всмоктування вітаміну на фоні патології шлунково-кишкового тракту, спадкові дефекти функціонування В₆ вітамін-залежних ферментів. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну В₆: ураження шкіри (себорейний, періоральний дерматит) і слизових оболонок (ангулярний стоматит, кон'юнктивіт), гіпохромна мікроцитарна анемія, нудота, блювання, діарея, підвищена збудливість та судоми, периферичні поліневрити, порушення розвитку, астенія [2–4,6,9,10].

Гіпервітаміноз вітаміну В₆ розвивається при надходженні в організм надмірних доз вітаміну В₆. Клінічні прояви гіпервітамінозу В₆: втрата глибокої пропріоцептивної та вібраційної чутливості нижніх кінцівок (больова, температурна та тактильна чутливість збережені) [4,7,9,10,12].

Вітамін В₉ / В_с (фолієва кислота, фоліацин, фактор росту, антианемічний) був виділений із зелених листів. Від латинського *folium* — листок, звідси і назва вітаміну — фолієва кислота. Вітамін В₉ необхідний для нормально функціонування імунної, кровоносної системи. Біологічна роль і молекулярні механізми дії вітаміну В₉ дуже схожі до ефектів вітаміну В₁₂. Вітамін В₉, як і вітамін В₁₂, потрібний для гемопоезу, біосинтезу коферментів, синтезу

нуклеїнових кислот і перетворення метіоніну [1,3,4,6,7,12]. Фолієва кислота надзвичайно необхідна для інтенсивних процесів росту і розвитку із характерними швидкими синтезом білків та нуклеїнових кислот. Вітамін В₉ разом із вітаміном В₁₂ мають гепатопротекторний ефект. Фолати дуже термолабільні. Теплова стерилізація молочної суміші у процесі її приготування з порушення кулінарної технології знижує рівень фолатів удвічі. Втрати фолієвої кислоти значно зростають за умови подрібнення продуктів харчування та тривалої термічної обробки [1,3,4,8,9].

Добова потреба дітей у вітаміні В₉ залежно від віку становить 25–200 мкг [3,6,8,9].

Джерела вітаміну В₉: зелень листовая, бобові (квасоля, горох), цвітна капуста, цибуля, дріжджі, хліб із борошна грубого помелу, крупи (гречана, вівсяна), печінка, м'який і твердий сир [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну В₉ є досить поширеним явищем і найчастіше виявляється у недоношених малюків, вагітних жінок. Найчастіша причина гіповітамінозу В₉ є аліментарний дефіцит, що зумовлений обмеженим споживанням продуктів із вмістом фолієвої кислоти або руйнуванням фолієвої кислоти у процесі кулінарної обробки їжі. Нераціональна антибіотикотерапія здатна спричинити тяжкі форми дефіциту вітаміну В₉, які можуть викликати дисбіоз та блокувати синтез вітаміну кишковою мікрофлорою, а також синдром мальабсорбції [2–4,6,7]. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну В₉: мегалобластна гіперхромна анемія, лейкоцитопенія, тромбоцитопенія, блідість шкіри, порушення з боку шлунково-кишкового тракту, червоний глянцево-розовий язик, стоматит, гастрит, ентерит, діарея, головний біль, дратівливість, порушення пам'яті. Дефіцит вітаміну В₉ під час вагітності є частою причиною розвитку анемії та може призводити до тяжких вроджених уражень нервової системи плода (аненцефалія, *spina bifida*) [2,4,5,9,10,12].

Гіпервітаміноз вітаміну В₉ буває рідко, ефекти надлишкового введення фолієвої кислоти вивчено мало. Існують окремі експериментальні дані про можливість розвитку імунодепресії при введенні надлишку фолатів [4,7,9,10,12].

Вітамін В₁₂ (ціанокобаламін, антианемічний) є дуже важливим для гемопоезу в кістковому мозку, продукції енергії клітин, має ліпотропну дію, сприяючи біосинтезу нуклеїнових

кислот та білка, холіну, бере активну участь в обміні жирів та вуглеводів [4,6,7,9,10].

Добова потреба дітей у вітаміні B₁₂ залежно від віку становить 0,5–2,0 мкг [3,4,6,7,9,10].

Джерела вітаміну B₁₂: продукти тваринного походження (м'ясо, печінка, яйця, сир), риба і морепродукти. Цікавою відмінною особливістю ціанокобаламіну від інших вітамінів групи В є дуже низький вміст у хлібобулочних виробках, пекарських дріжджах [3,4,6,9,10].

Гіповітаміноз вітаміну B₁₂ у дітей зустрічається рідко. Гіповітаміноз вітаміну B₁₂ виникає при виключенні або різкому обмеженні з раціону тваринних білків (суворе вегетаріанство) або гіпоацидних станах із дефіцитом внутрішнього фактора Кастла, що утворює з ціанокобаламіном комплекс, завдяки чому можливе засвоєння вітаміну. Значні запаси вітаміну B₁₂ містяться в печінці, що є нетиповими як для водорозчинного вітаміну. Варто зазначити, що суворі вегетаріанки повинні приймати препарати вітаміну B₁₂ з метою профілактики розвитку гіповітамінозу [2,4,9,10,12]. Клінічні прояви гіповітамінозу вітаміну B₁₂: злаякісна мегалобластна анемія, неврологічна симптоматика і дегенеративні зміни центральної нервової системи, периферична нейропатія, ознаки ураження задніх рогів спинного мозку, парестезії, погіршення пам'яті, деменція, депресія [4,9,10,12]. Ранні діагностика та лікування цієї патології в дитинстві є вкрай важливими через небезпеку розвитку необоротних неврологічних порушень. Більшість випадків розвитку гіповітамінозу B₁₂ у дітей зумовлені порушенням всмоктування вітаміну (вроджена перніціозна анемія, аутоімунна ювенільна перніціозна анемія). Резекція шлунка або кишечника, дисбіоз кишечника також призводять до розвитку гіповітамінозу вітаміну B₁₂. Діти на природному вигодовуванні отримують із материнським молоком достатні дози вітаміну B₁₂, за умови, що мама не дотримується суворого

вегетаріанства. Ранніми клінічними ознаками гіповітамінозу B₁₂ є зниження рівнів вітаміну B₁₂ у крові, поява гіперсегментованих нейтрофілів, мікроцитів [1,3,4,6,8,9].

Висновки

Водорозчинні вітаміни є есенціальними екзогенними аліментарними факторами, що повинні стабільно надходити в дитячий організм із продуктами харчування в дозах, відповідно до фізіологічної потреби. Перебіг усіх життєво важливих процесів у дитячому організмі відбувається за безпосередньою участю водорозчинних вітамінів. Водорозчинні вітаміни входять до складу більше ніж 100 ферментів, регулюють функцію різних тканин, органів і систем, активуючи численну кількість біологічних процесів, сприяють стійкості організму до дії зовнішніх факторів. Своєчасна комплексна діагностика, профілактика порушень метаболізму водорозчинних вітамінів у дітей, а також індивідуальний підбір вітамінних препаратів і правильна корекція їхнього метаболізму повинні бути пріоритетними в роботі педіатрів. Знання міжвітамінних механізмів дасть змогу здійснити цілеспрямовану корекцію порушення метаболізму в дітей. Якісний скринінг порушення обміну водорозчинних вітамінів та їхня корекція в дітей сприятимуть покращенню стану здоров'я, підвищать їхню якість життя.

Перспективи подальших досліджень. Представлений аналіз сучасної наукової літератури підтверджує необхідність наступних досліджень впливу водорозчинних вітамінів на метаболізм, ріст і розвиток дітей різного віку. Наступні дослідження у сфері вивчення ефектів та значення водорозчинних вітамінів дозволять краще зрозуміти їхню роль для життєдіяльності, росту і розвитку дитячого організму.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

1. Abdullah Al Mahmud, Shafayet Ahmed Siddiqui, Md Rezaul Karim (2023) Clinically proven natural products, vitamins and mineral in boosting up immunity: A comprehensive review. *Heliyon*, 9(4): e15292. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15292>.
2. Boyarchuk O, Mochulska O, Komorovsky R. (2021). Diagnosis and management of pharyngitis in children: a survey study in Ukraine. *GERMS*. 11(3): 363–371. <https://doi.org/10.18683/germs.2021.1273>.
3. Chłopiczka J, Paško P. (2020). Supplements (Vitamins, Minerals, and Micronutrients). *Encyclopedia of Biomedical Gerontology*. Academic Press: 313–325. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11369-8>.
4. Cilla A, Zanirato V, Rodriguez-Estrada MT, Garcia-Llatas G. (2014). Nutritional Hazards: Micronutrients: Vitamins and Minerals. *Encyclopedia of Food Safety*, Academic Press: 86–94. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00431-5>.

5. Combet E, Buckton C. (2019). Micronutrient deficiencies, vitamin pills and nutritional supplements. *Medicine*. 47(3): 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2018.12.004>.
6. Matthewman MC, Costa-Pinto R. (2023). Macronutrients, minerals, vitamins and energy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 24(2): 134–138. URL: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S1472029922002971>. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2022.12.009>
7. Gush L, Shah S, Gilani F. (2021). Macronutrients and micronutrients. *A Prescription for Healthy Living*, Academic Press: 255–273. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128215739000230>. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821573-9.00023-0>.
8. Horobets 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 Перинатологія і Педіатрія*. 4(80): 75–92]. <https://doi.org/10.15574/PP.2019.80.75>.
9. Mochulska OM. (2020). External therapy of allergic dermatoses in children (literature review). *Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics*. 4(84): 41–47. [Мочульська ОМ. (2020). Зовнішня терапія алергодерматозів у дітей (огляд літератури). *Український журнал Перинатологія і Педіатрія*. 4(84): 41–47]. <https://doi.org/10.15574/pp.2020.84.41>.
10. Mochulska OM, Boyarchuk OR, Kinash MI, Shulhai OM, Dobrovol'ska LI. (2022). Vitamin status as an assessment of vitamins A, E, D providing in children with allergic dermatosis. *Modern pediatrics.Ukraine*. 6(126): 55–61. [Мочульська ОМ, Боярчук ОР, Кінаш МІ, Шульгай ОМ, Добровольська ЛІ. (2022). Вітамінний статус як оцінка забезпеченості вітамінами А, Е, D в дітей з алергодерматозами. *Сучасна педіатрія. Україна*. 6(126): 55–61]. <https://doi.org/10.15574/sp.2022.126.55>.
11. Mochulska OM, Boyarchuk OR, Kinash MI, Vorontsova TO, Volyanska LA. (2021). Effects of vitamins A, E, D, disorders of their metabolism and assessment of vitamin levels in children. *Modern pediatrics. Ukraine*. 2(114): 58–66. [Мочульська ОМ, Боярчук ОР, Кінаш МІ, Воронцова ТО, Волянська ЛА. (2021). Ефекти вітамінів А, Е, D, порушення їх обміну та оцінка рівня вітамінної забезпеченості в дітей. *Сучасна педіатрія. Україна*. 2(114): 58–66]. <https://doi.org/10.15574/SP.2021.114.58>.
12. Mochulska OM, Kosovska TM. (2020). Clinical and paraclinical features of course of allergic dermatosis in children. *Modern Pediatrics. Ukraine*. 8(112): 33–39. [Мочульська ОМ, Косовська ТМ. (2020). Клінічні та параклінічні особливості перебігу алергодерматозів у дітей. *Сучасна педіатрія. Україна*. 8(112): 33–39]. <https://doi.org/10.15574/sp.2020.112.33>.
13. Tan Y, McClements DJ. (2021). Improving the bioavailability of oil-soluble vitamins by optimizing food matrix effects: A review. *Food Chemistry*. 348: 129–148. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621001503>. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129148>

Відомості про авторів:

Мочульська Оксана Миколаївна - д.філос., PhD, доц. каф. дитячих хвороб з дитячою хірургією ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського.

Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0002-0426-9715>.

Завіднюк Юрій Вікторович - к.мед.н., асистент каф. медичної реабілітації ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0002-4028-0743>.

Горішна Іванна Любомирівна - к.мед.н., доц. каф. педіатрії №2 ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0002-7812-0227>.

Паласюк Богдан Михайлович - к.екоп.н., доц. каф. медичної фізики діагностичного та лікувального обладнання ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0002-7684-8214>.

Гаврилюк Надія Михайлівна - к.мед.н., асистент каф. вищої медсестринської освіти, догляду за хворими та клінічної імунології ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0002-8745-7040>.

Карашівська Оксана Степанівна - к.мед.н., асистент каф. онкології, променевої діагностики і терапії та радіаційної медицини ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0002-9017-640X>.

Ястремська Ірина Олександрівна - д.філос., PhD, асистент каф. невідкладної медичної допомоги ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0001-6884-6705>.

Білоус Володимир Сергійович - к.мед.н., доц. каф. психіатрії, наркології та медичної психології ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського. Адреса: м. Тернопіль, майдан Волі, 1. <https://orcid.org/0000-0003-2909-0196>.

Стаття надійшла до редакції 22.05.2024 р., прийнята до друку 15.10.2024 р.