

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Український журнал дитячої ендокринології.— ISSN 2304-005X (Print), ISSN 2523-4277 (Online).— 2023.— № 3—4.— С. 14—18.

Вітамінно-мікроелементний статус і сомато-статевий розвиток підлітків із цукровим діабетом 1 типу

**Ю.В. Волкова, С.І. Турчина, А.А. Сухова**

ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», Харків

Мета роботи — вивчити особливості вітамінно-мікроелементного забезпечення у дітей та підлітків, хворих на цукровий діабет (ЦД) 1 типу із фізіологічним та патологічним перебігом пубертату.

Матеріали та методи. Обстежено 143 пацієнти (75 хлопчиків і 68 дівчаток) із ЦД 1 типу віком 10—17 років. У сироватці крові визначали рівень ретинолу, токоферолу, 25(OH)D₃ і цинку.

Результати та обговорення. Визначено статеві особливості вітамінно-мікроелементного дисбалансу в підлітків із ЦД 1 типу, характер якого залежав від перебігу пубертату. У хлопчиків з гармонійним фізичним розвитком (ФР) частіше, ніж у дівчаток, реєстрували збільшення частоти низьких показників вітаміну Е (39,1 та 12,2 %; $p_{\phi} < 0,02$). У дівчаток дисгармонійний тип ФР зі збільшенням маси тіла та високим зростом асоціювався зі збільшенням частоти високих показників вітаміну Е (48,1 %) за нормального рівня ретинолу (37,0 %). У хлопчиків із високим зростом, дефіцитом або надлишком маси тіла частіше фіксували підвищений вміст цинку (64,3 %) та виразний дефіцит вітаміну D (47,6 %). Лише у 9,5 % пацієнтів показники вітаміну D відповідали оптимальному рівню забезпечення. У дівчаток із дисгармонійним ФР рівень 25(OH)D₃ був вищим порівняно з таким у хлопчиків ((19,06 ± 1,51) і (13,10 ± 1,53) нг/мл; $p_{\text{н}} < 0,002$). У хлопчиків з дисгармонійним ФР порівняно з дівчатками частіше реєстрували низькі показники вітамінів А (52,2 і 29,6 %; $p_{\phi} < 0,05$) та Е (39,1 і 3,7 %; $p_{\phi} < 0,05$). У хлопчиків із фізіологічним перебігом статевого розвитку (СР) порівняно з дівчатками частіше фіксували низькі показники цинку, ретинолу й токоферолу. За наявності порушень СР у дівчаток частіше реєстрували низький вміст вітаміну А (66,7 і 35,7 %; $p_{\phi} < 0,03$) при одночасному зменшенні частоти його підвищених показників (8,3 та 37,5 %; $p_{\phi} < 0,01$) порівняно з дівчатками з фізіологічним перебігом СР, а також частіше реєстрували нормальні показники вітаміну Е. У хлопчиків із затримкою СР зафіксували зменшення частоти нормальних показників вітаміну Е порівняно з дівчатками та частіше реєстрували виразний дефіцит вітаміну D при одночасному зменшенні частоти його субоптимального рівня.

Висновки. Установлено залежність між показниками вітамінно-мікроелементного статусу та характером сомато-статевого розвитку в підлітків, хворих на ЦД 1 типу. У хлопчиків із дисгармонійним ФР виявлено напруження резервів вітамінів А, Е і D та збільшення вмісту цинку. Затримка СР у хлопчиків відбувалася на тлі погіршення забезпечення організму вітамінами D і Е.

Ключові слова: цукровий діабет 1 типу, підлітки, вітамінно-мікроелементний статус, сомато-статевий розвиток.

Актуальною проблемою для дітей будь-якого віку з будь-яким станом здоров'я є адекватне забезпечення вітамінами й мікроелементами. Важливе значення це має в період інтенсивного росту та розвитку, особливо для дітей із хронічними

захворюваннями [9]. Нині лікування хворих на цукровий діабет (ЦД) 1 типу є важливою медико-соціальною проблемою, що зумовлено його поширеністю в дитячому віці та важкими ускладненнями, які формуються в умовах абсолютного дефіциту

інсуліну внаслідок автоімунного руйнування β -клітин підшлункової залози [1, 5].

За даними численних досліджень, проведених в Україні та за кордоном, більшість дітей мають прихований або виразний дефіцит низки вітамінів і деяких мікроелементів в усі пори року. Гіповітаміноз і дисмікроелементоз дедалі частіше відносять до хвороб цивілізації (гіподинамія, споживання рафінованих, термічно оброблених, заморожених, висококалорійних, генетично модифікованих продуктів, істотне зменшення частки свіжої натуральної їжі в щоденному раціоні) [9]. Пацієнти з інсулінозалежним ЦД належать до групи ризику низького вітамінного статусу [15].

Вітаміни — це група низькомолекулярних органічних сполук небілкової природи, які переважно не синтезуються в організмі людини (або синтезуються в невеликій кількості), відіграють важливу роль у забезпеченні процесів життєдіяльності та виявляють високу активність у малих концентраціях. Вітаміни зумовлюють природну резистентність організму до дії несприятливих чинників і забезпечують оптимальні умови для розвитку й функціонування всіх його систем [9, 14].

Дедалі більше доказів, отриманих як в експериментальних, так і в клінічних дослідженнях свідчать про важливу роль оксидативного стресу в патогенезі ЦД [12, 13]. Відомо, що гіперглікемія спричиняє генерацію активних форм кисню, які беруть участь в розвитку не лише ЦД 1 типу, а і його ускладнень [12]. Жиророзчинні вітаміни ретинол (вітамін А) і токоферол (вітамін Е) належать до неферментативних, низькомолекулярних, ендогенних антиоксидантів, які виконують роль «пастки вільних радикалів». Вітамін D також опосередковано бере участь у регулюванні процесів вільнорадикального окиснення, підтримуючи нормальний рівень Ca^{2+} , а отже, і фізіологічних концентрацій активних форм кисню в β -клітинах підшлункової залози [16].

Не менш важливим для нормальної життєдіяльності організму дитини є забезпечення оптимального рівня есенціальних або незамінних мікроелементів, до яких належить цинк [20]. У великій концентрації він міститься в β -клітинах підшлункової залози і має важливе значення для нормального зберігання інсуліну [19]. Особливо варта уваги роль цинку у функціонуванні острівців підшлункової залози внаслідок ідентифікації транспортера цинку-8 (ZnT8), необхідного для транспортування секреторних везикул інсуліну та формування гранул інсуліну [17].

Роль вітамінів та мікроелементів у формуванні та перебігу ЦД 1 типу в дітей і підлітків досліджено в незначній кількості наукових робіт, а механізми їхнього впливу недостатньо вивчено.

Мета роботи — вивчити особливості вітамінно-мікроелементного забезпечення у дітей та підлітків, хворих на цукровий діабет 1 типу із фізіологічним та патологічним перебігом пубертату.

Матеріали та методи

Обстежено 143 пацієнти (75 хлопчиків і 68 дівчаток) із ЦД 1 типу віком 10—17 років, які перебували на лікуванні в ендокринологічному відділенні Інституту охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України. Критерієм залучення в дослідження був стаж захворювання понад 1 рік.

Комплекс досліджень проведено з дотриманням етичних та морально-правових вимог статуту Української асоціації з біоетики та норм GCP (Good Clinical Practice, 1992), GLP (Good Laboratory Practice, 2002), принципів Гельсінської декларації прав людини, Конвенції Ради Європи про права людини і біомедицину. Дослідження ухвалено комітетом з медичної етики при Інституті охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України.

Клініко-анамнестичне та лабораторно-інструментальне обстеження хворих проводили відповідно до стандартів медичної допомоги «Цукровий діабет у дітей», затверджених наказом МОЗ України № 413 від 28.02.2023 р. [7, 8], і протоколу надання медичної допомоги дітям за спеціальністю «дитяча ендокринологія» (наказ МОЗ України № 254 від 27.04.2006 р. зі змінами, внесеними згідно з наказами МОЗ України № 55 від 03.02.2009 р. та № 864 від 07.10.2013 р.) [7].

Фізичний розвиток оцінювали шляхом порівняння основних антропометричних показників з віковими нормативами відповідно до протоколу надання медичної допомоги дітям за спеціальністю «дитяча ендокринологія» [7].

Характер статевого дозрівання оцінювали з урахуванням нормативів для відповідного віку [4, 11]. Про прискорення або сповільнення темпу статевого дозрівання свідчив рівень статевого розвитку (СР), що був на один-два роки нижче чи перевищував середньовікові нормативи. Затримку СР діагностували в разі сповільнення темпу СР більш ніж на 2 роки.

У сироватці крові визначали рівень ретинолу і токоферолу флуориметричним методом [6], $25(\text{OH})\text{D}_3$ — імуноферментним методом (набори реактивів «Бест-Діагностик», Київ), цинку — методом фотометрії (набори реактивів «Спайнлаб», Харків).

Контрольну групу (за концентрацією вітамінів А і Е) утворено із 41 практично здорового однолітка (22 дівчинки та 19 хлопчиків) із нормальним статевим і фізичним розвитком. Вивчення рівня ретинолу і токоферолу в сироватці крові підлітків контрольної групи дало змогу визначити оптимальні їхні значення та розробити критерії для якісної оцінки отриманих результатів.

Під час статистичної обробки вивчено перцентильний розподіл показників із загальноприйнятим ранжуванням (10, 25, 50, 75 і 90-й перцентилі) у практично здорових підлітків. Установлено, що вміст вітаміну А $< 0,53$ мкмоль/л (< 10 -го перцентилі) та $> 1,61$ мкмоль/л (> 90 -го перцентилі) є зниженим і підвищеним відповідно. Показники

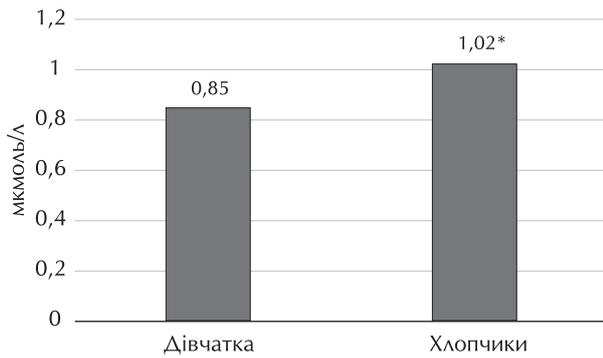


Рисунок. Вміст ретинолу в практично здорових підлітків
Примітка. * $p < 0,05$ порівняно з дівчатками.

вітаміну E $< 7,66$ мкмоль/л (< 10 -го перцентиля) та $> 19,95$ мкмоль/л (> 90 -го перцентиля) є зниженим і підвищеним відповідно.

Немає єдиної думки щодо порогових значень $25(\text{OH})\text{D}_3$ для визначення його дефіциту або недостатності. Згідно з даними літератури [2, 3], показник $25(\text{OH})\text{D}_3 < 10$ нг/мл розцінювали як виразний дефіцит вітаміну D, від 10 до 20 нг/мл — як помірний дефіцит, від 20 до 30 нг/мл — як недостатність (субоптимальний рівень), > 30 нг/мл — як оптимальний рівень.

Показники цинку в межах референтних значень (10,4–16,4 мкмоль/л) вважали нормальними, а значення, що виходили за їхні межі, — відповідно зниженими або підвищеними.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою програм Excel та Statgraphics Plus 5.1. Для оцінки статистичної значущості відмінностей використовували непараметричний критерій Вілкоксона—Манна—Уїтні (U) та критерій кутового перетворення Фішера (ϕ). Нормально розподілені показники наведено у вигляді середнього арифметичного значення та похибки середнього арифметичного значення ($M \pm m$). За критичний рівень значущості (p) приймали 0,05. Різницю вважали статистично значущою за $p < 0,05$.

Результати та обговорення

У контрольній групі в хлопчиків концентрація ретинолу в сироватці крові була статистично значущо вищою, ніж у дівчаток ($(1,02 \pm 0,09)$ і $(0,85 \pm 0,09)$ мкмоль/л; $p_u < 0,05$), що свідчить про існування статевих особливостей рівня вітаміну A у підлітків (рисунок). Змін концентрації вітаміну E залежно від статі в контрольній групі не виявлено.

У хворих на ЦД 1 типу хлопчиків та дівчаток середня концентрація ретинолу була в межах референтних значень ($(1,14 \pm 0,10)$ і $(1,01 \pm 0,08)$ мкмоль/л; $p < 0,05$).

Аналіз показників вітамінно-мікроелементного статусу у підлітків, хворих на ЦД 1 типу, проводили з урахуванням характеру їхнього фізичного

розвитку (ФР). Основними порушеннями ФР у дівчаток найчастіше були високорослість та надлишкова маса тіла, у хлопчиків — дефіцит маси тіла, надлишкова маса тіла та високорослість. У хлопчиків із гармонійним ФР зареєстрували збільшення частоти низьких показників вітаміну E порівняно із дівчатками (39,1 і 12,2 %; $p_\phi < 0,02$) та зменшення частоти його нормальних значень (26,1 і 58,5 %; $p_\phi < 0,05$).

У дівчаток, хворих на ЦД 1 типу, які мали дисгармонійний ФР, частіше реєстрували нормальний рівень вітаміну A порівняно з пацієнтками з гармонійним ФР (37,0 і 19,5 %; $p_\phi < 0,05$) та підвищення вмісту вітаміну E (48,1 і 29,3 %; $p_\phi < 0,05$), у хлопчиків порівняно з хлопчиками із гармонійним ФР підвищений рівень цинку (64,3 і 37,5 %; $p_\phi < 0,05$) за рахунок зменшення частоти його нормальних показників (28,6 та 56,3 %; $p_\phi < 0,05$). Майже в половині хлопчиків із дисгармонійним ФР зафіксували чітку тенденцію до зростання частоти виразного дефіциту вітаміну D порівняно з хлопчиками із гармонійним ФР (47,6 і 27,9 %; $p_\phi < 0,06$). Лише у 9,5 % пацієнтів вміст вітаміну D відповідав оптимальному рівню забезпечення, що у 3,2 разу рідше порівняно з хлопчиками з гармонійним ФР (30,2 %; $p_\phi < 0,04$).

Виявлено статеві відмінності за показниками вітамінно-мікроелементної забезпеченості організму підлітків з ЦД 1 типу, які залежали від характеру ФР. У дівчаток із дисгармонійним ФР рівень $25(\text{OH})\text{D}_3$ перевищував такий у хлопчиків — $(19,06 \pm 1,51)$ та $(13,10 \pm 1,53)$ нг/мл ($p_u < 0,002$). За дисгармонійного ФР у хлопчиків порівняно з дівчатками частіше реєстрували низькі показники вітамінів A (52,2 і 29,6 %; $p_\phi < 0,05$) та E (39,1 і 3,7 %; $p_\phi < 0,05$) при одночасному зниженні частоти їхніх нормальних значень (17,4 і 37,0 % та 13,0 і 48,1 % відповідно; $p_\phi < 0,05$). У хлопчиків частіше фіксували наявність виразного дефіциту вітаміну D (47,6 і 7,4 %; $p_\phi < 0,05$) та зниження частоти субоптимального його рівня (9,5 і 48,1 %; $p_\phi < 0,05$), а також збільшення в 1,7 разу частоти високих концентрацій цинку (64,3 і 38,1 %; $p_\phi < 0,05$) при одночасному зниженні в 2,2 разу частоти його нормальних значень (28,6 та 61,9 %; $p_\phi < 0,05$). У дослідженні J. Jansen та співавт. виявлено можливість високого рівня цинку в плазмі крові при ЦД 1 типу й розглядається питання щодо інтерпретації цього показника, що є непростим завданням та може бути пов'язане з тривалістю захворювання [18].

Таким чином, встановлено, що підлітки з ЦД 1 типу та різним характером ФР мають відмінності за показниками вітамінно-мікроелементного статусу. Для дівчаток із дисгармонійним ФР характерні оптимальніші показники вітамінного статусу, тоді як у хлопчиків має місце напруження резервів вітамінів A, E і D та збільшення вмісту цинку.

Наступним етапом дослідження було вивчення концентрації вітамінів A, E, D та цинку в підлітків із ЦД 1 типу залежно від характеру СР. Незалежно

від статі найчастішим порушенням СР була його затримка статевого (75 % випадків у дівчаток і 65 % — у хлопчиків). Майже третина дівчаток із ЦД 1 типу мали порушення менструальної функції.

Аналіз середніх концентрацій вітамінів у сироватці крові виявив, що порушення СР у дівчаток супроводжується чіткою тенденцією до зниження рівня вітаміну А порівняно з пацієнтками з нормальним його перебігом ($(0,73 \pm 0,14)$ і $(1,07 \pm 0,09)$ мкмоль/л; $p_u < 0,06$). Детальний аналіз частоти розподілу показників дав змогу встановити, що за наявності порушень СР у дівчаток частіше реєстрували низький вміст вітаміну А порівняно з пацієнтками з фізіологічним перебігом СР (66,7 і 35,7 %; $p_\phi < 0,03$) при одночасному зменшенні частоти його підвищених значень (8,3 та 37,5 %; $p_\phi < 0,01$). Такі зміни рівня ретинолу можуть свідчити про зменшення резервів вітаміну А в організмі та зниження ефективності низькомолекулярної ланки системи антиоксидантного захисту. У дівчаток із порушеннями СР частіше реєстрували нормальні показники вітаміну Е порівняно з пацієнтками з фізіологічним перебігом СР (75,0 і 50,0 %; $p_\phi < 0,05$). Імовірно, ці зміни пов'язані з антиоксидантною дією токоферолу і є компенсаторною реакцією організму при порушенні СР у хворих на ЦД 1 типу. Дослідники наголошують на важливості адекватного забезпечення жіночого організму вітаміном Е для нормального функціонування статевої системи, оскільки, крім участі токоферолу в метаболічних процесах як неферментативного низькомолекулярного антиоксиданта, одним з основних аспектів його впливу є участь у синтезі статевих гормонів. Установлено, що вітамін Е відіграє важливу роль у регуляції експресії генів, які беруть участь у синтезі андрогенів і прогестерону, та гена 5 α -редуктази. Показано, що антикоагулянтна активність вітаміну Е збільшує приплив крові до фолікулів і проліферувальних клітин гранульози, сприяючи виробленню естрогенів. Установлена велика частота гіповітамінозу Е у дівчаток-підлітків з порушеннями менструальної функції [10].

Залежно від характеру СР у підлітків, хворих на ЦД 1 типу, виявлено статеві відмінності за показниками вітаміно-мікроелементного статусу. Установлено, що фізіологічний СР у хлопчиків порівняно з дівчатками частіше супроводжувався низьким рівнем вітамінів А (55,6 і 35,7 %; $p_\phi < 0,03$) та Е (39,3 і 10,7 %; $p_\phi < 0,001$). Виявлено також меншу частоту нормальних значень токоферолу в хлопчиків (21,3 і 50,0 %; $p_\phi < 0,05$) та цинку (45,7 і 65,7 %; $p_\phi < 0,05$). Отже, навіть за нормального СР у хлопчиків із ЦД 1 типу є ознаки вітаміно-мікроелементного дисбалансу, які свідчать про зменшення резервів низькомолекулярних компонентів анти-

оксидантної системи (вітамінів А і Е) та вмісту есенціального мікроелемента (цинку).

У разі затримки СР у хлопчиків реєстрували меншу частоту нормальних показників вітаміну Е порівняно з дівчатками (15,8 і 75,0 %; $p_\phi < 0,001$) та частіше — виразний дефіцит вітаміну D (40,0 і 14,3 %; $p_\phi < 0,05$) при одночасному зменшенні в 2,5 рази частоти реєстрації його субоптимального рівня (20,0 і 50,0 %; $p_\phi < 0,03$). Отже, патологічний перебіг СР у хлопчиків супроводжувався переважно зміною характеру забезпеченості організму вітаміном D.

Таким чином, показники вітаміно-мікроелементного балансу у підлітків із ЦД 1 типу залежать від характеру СР. Вітамінний статус хлопчиків з ЦД 1 типу незалежно від характеру СР характеризується нижчим рівнем забезпечення вітаміном Е порівняно з дівчатками. Наявність порушень СР (найчастіше його затримки) у хлопчиків супроводжується погіршенням характеру забезпеченості організму вітаміном D.

У підлітків, хворих на ЦД 1 типу, навіть за умов фізіологічного перебігу пубертату на момент обстеження наявні ознаки вітаміно-мікроелементного дисбалансу, що може бути предиктором формування порушень сомато-статевого розвитку та негативно впливати на репродуктивний потенціал у майбутньому. З огляду на це актуальними завданнями є своєчасне виявлення порушень показників вітаміно-мікроелементного статусу, індивідуальна їхня корекція та вторинна профілактика дефіцитних станів.

Висновки

1. Виявлено залежність між показниками вітаміно-мікроелементного статусу та характером сомато-статевого розвитку в підлітків, хворих на ЦД 1 типу, яка має статеві особливості.

2. Формування дисгармонійного ФР відбувається в умовах напруження резервів вітамінів А, Е і D та дисбалансу вмісту цинку у хлопчиків. Для дівчаток характерні оптимальніші показники вітаміно-мікроелементного статусу.

3. Фізіологічний перебіг статевого розвитку у хлопчиків характеризується меншим резервом низькомолекулярних антиоксидантів (вітамінів А і Е) та вмістом цинку порівняно з дівчатками. Порушення статевого розвитку (найчастіше його затримка) у хлопчиків супроводжуються погіршенням характеру забезпеченості організму вітамінами D і Е.

4. Отримані дані свідчать про необхідність проведення профілактики та своєчасної корекції вітаміно-мікроелементного дисбалансу в підлітків із ЦД 1 типу для запобігання порушенням сомато-статевого розвитку.

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція і дизайн дослідження — С.І. Турчина, Ю.В. Волкова; збір та обробка матеріалу — Л.А. Сухова, Ю.В. Волкова; написання тексту — Ю.В. Волкова; редактування — С.І. Турчина, Л.А. Сухова.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біляєва КС, Власенко МВ. Підлітковий вік та цукровий діабет 1-го типу: виклики для кісткової системи та ступінь забезпеченості вітаміном D. *Ендокринологія*. 2022;27(1):21-8. doi: 10.31793/1680-1466.2021.27-1.21.
2. Біляєва КС, Тромпінська Ю, Теплицька ОЯ, Власенко МВ. Вітамін D і цукровий діабет 1-го типу. *Міжнародний ендокринологічний журнал*. 2016;3(75):95-8. doi: 10.22141/2224-0721.3.75.2016.76646.
3. Зелінська НБ. Дефіцит вітаміну D: діагностика, лікування, профілактика. *Український журнал дитячої ендокринології*. 2019;4:4-16. doi: 10.30978/UJPE2019-4-4.
4. Левенець СО та ін. Виявлення розладів функції статевих систем та їх профілактика у дівчаток у сучасних умовах: Методичні рекомендації. ІОЗДП АМНУ; 2011. 20 с.
5. Лобода АМ, Шандиба Ю. Можливості діагностики та попередження розвитку діабетичної нефропатії у дітей із цукровим діабетом 1-го типу. *Здоров'я ребенка*. 2019;14(5): 329-36. doi: 10.22141/2224-0551.14.5.2019.177410.
6. Медицинские лабораторные технологии: руководство по клинической лабораторной диагностике. Под ред. АИ Карпищенко. 3-е изд., перераб. и доп. ГЭОТАР-Медиа; 2013. 177-182 с.
7. МОЗ України. Протокол надання медичної допомоги дітям за спеціальністю «дитяча ендокринологія». Наказ МОЗ України № 254 від 27.04.2006 р. зі змінами, внесеними згідно з наказами МОЗ України № 55 від 03.02.2009 р. і № 864 від 07.10.2013 р.
8. МОЗ України. Стандарт медичної допомоги «Цукровий діабет у дітей». Наказ МОЗ України № 413 від 28.02.2023 р.
9. Мочульська ОМ, Боярчук ОР, Кінаш МІ та ін. Ефекти вітамінів А, Е і D, порушення їх обміну та оцінка рівня вітамінної забезпеченості в дітей (огляд літератури). *Сучасна педіатрія*. 2021;(2):58-66. doi: 10.15574/SP.2021.114.58.
10. Начотова ТА, Шелудько ОЮ. Комплексна негормональна терапія дівчат-підлітків із вторинною аменореєю. *Здоров'я женщины*. 2015;7:157-9. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zdzh_2015_7_38.
11. Плехова ОІ та ін. Оцінка статевого розвитку хлопців (вікові нормативи): метод. рекомендації. ІОЗДП АМНУ, Харків; 2010. 25 с.
12. Ситник ІМ, Хайтович МВ. Застосування антиоксидантів за цукрового діабету 1 типу. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2015;6(46):3-11.
13. Тітов ОВ, Сенчук АЯ, Тітова ВГ та ін. Особливості процесів перекисного окислення ліпідів та системи антиоксидантного захисту у вагітних із цукровим діабетом 1-го типу та їх новонароджених. *Перинатологія та репродуктологія: від наукових досліджень до практики*. 2021;3:43-53. doi: 10.52705/2788-6190-2021-3-5.
14. Шульга АО, Підкова ВЯ. Вітамінна забезпеченість дітей шкільного віку та можливі шляхи її корекції. Актуальні питання сучасної медицини і фармації: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. Запоріжжя: ЗДМУ; 2018. С. 136.
15. Alkholy UM, Abdalmonem N, Zaki A, et al. The antioxidant status of coenzyme Q10 and vitamin E in children with type 1 diabetes. *J Pediatr*. 2019;95(2):224-30. doi: 10.1016/j.jpeds.2017.12.005.
16. Berridge MJ. Vitamin D deficiency and diabetes. *Biochem J*. 2017;474(8):1321-32. doi: 10.1042/BCJ20170042.
17. Fuentes-Cantero S, González-Rodríguez C, Rodríguez-Chacón C, et al. Study of the diagnostic efficiency of anti-ZnT8 autoantibodies for type 1 diabetes in pediatric patients. *Lab Med*. 2023. Sep 2;lmad079. doi: 10.1093/labmed/lmad079.
18. Jansen J, Karges W, Rink L. Zinc and diabetes - clinical links and molecular mechanisms. *J Nutr Biochem*. 2009;20:399-417. doi: 10.1016/j.jnutbio.2009.01.009.
19. Lindah SLT, Samson SM, Godfrey RM, et al. Zinc(II) mineral increased the in vitro, cellular and ex vivo antihyperglycemic and antioxidative pharmacological profile of p-hydroxybenzoic acid upon complexation. *J Food Biochem*. 2021;45(2):e13609. doi: 10.1111/jfbc.13609.
20. Li Y, Li L, Yang W, Yu Z. Effects of zinc deficiency in male mice on glucose metabolism of male offspring. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 2022;70(5):369-74. doi: 10.1248/cpb.c21-00959.

Vitamin and microelement status and somatosexual development of adolescents with type 1 diabetes

Yu.V. Volkova, S.I. Turchina, L.L. Sukhova

SI «Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

Objective — to study peculiarities of the state of vitamin and microelement provision in children and adolescents with type 1 diabetes with the physiological and pathological course of puberty.

Materials and methods. The study involved 143 patients (75 boys and 68 girls) with type 1 diabetes aged 10 to 17 years. The level of retinol, tocopherol, 25(OH)D3 and Zn concentration were determined in blood serum.

Results and discussion. The gender characteristics of vitamin and microelement imbalance in adolescents with type 1 diabetes were determined, the nature of which depended on the course of puberty. Among boys with type 1 diabetes under the conditions of harmonious physical development (PD), an increase in the percentage of low levels of vitamin E was recorded more often than in girls (39.1 vs. 12.2 %, $p_p < 0.02$). In girls with a disharmonious type of PD with increased body weight and high height, there was an increase in the frequency of high levels of vitamin E (48.1 %) under conditions of a normal level of retinol (37.0 %). In boys with high height and body weight disorders, an increased level of Zn (64.3 %) and an increase in the frequency of pronounced vitamin D deficiency (47.6 %) were recorded more often. Only 9.5 % of patients had vitamin D levels that corresponded to the optimal level of provision. In girls with disharmonious PD, the level of 25(OH)D3 was higher than in boys and was (19.06 ± 1.51) and (13.10 ± 1.53) ng/ml, respectively; ($p_u < 0.002$). Under the conditions of disharmonious PD boys had lower values of vitamin A (52.2 vs. 29.6 %, $p_p < 0.05$) and vitamin E (39.1 vs. 3.7 %, $p_p < 0.05$) compared to girls. In boys with the physiological course of sexual development (SD), in comparison with girls, a decrease in the level of zinc, retinol and tocopherol was more often registered. Under the conditions of SD disorders, a reduced level of vitamin A was more often registered in girls (66.7 vs. 35.7 %, $p_p < 0.03$) with a simultaneous decrease in the frequency of its elevated values (8.3 vs. 37.5 %, $p_p < 0.01$) relative to patients with a physiological course of SD. At the same time, normal levels of vitamin E were recorded more often. Under conditions of sexual development delay in boys, the frequency of normal values of vitamin E was decreased compared to girls. At the same time, pronounced deficiency of vitamin D was more often registered in boys with a simultaneous decrease in the frequency of its suboptimal level.

Conclusions. Based on the results of the study, a relationship between indicators of vitamin and microelement status and somatic and sexual development in adolescents with type I diabetes was established. The tension of reserves of vitamins A, E, D and the imbalance of zinc concentration were found in boys with disharmonious physical development. Sexual development delay in boys was accompanied by a deterioration in the nature of providing the body with vitamins D and E.

Keywords: type 1 diabetes, adolescents, vitamin and microelement status, somatic and sexual development.