

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ЯНОВА СОФІЯ СЕРГІЇВНА

Допускається до
захисту
завідувач кафедри
біофізики,
к.х.н., доцент

Доценко О.І.

«__» _____ 2022__

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК ВМІСТУ БІЛКУ ТА ЕНЕРГІЇ З ДЕЯКИМИ
МІНЕРАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ РАЦІОНУ ЛЮДИНИ

Спеціальність 091 Біологія

Магістерська робота

Науковий керівник:
Єрмішев О.В.,
к.б.н, доцент

Оцінка:

_____/_____/_____

(бал/за шкалою СКТС/за
національною шкалою)

Голова

Е.К.: _____

(підпис)

Янова С.С. Кореляційний зв'язок вмісту білку та енергії з деякими мінеральними елементами раціону людини. 091 Біологія. Донецький національний університет імені Василя Стуса

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1.....	5
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	5
1.1 Пристосування організму до зовнішнього середовища як основний прояв життєдіяльності.....	5
1.2 Біологічна роль хімічних елементів.....	10
1.3 Значення йоду для нормального функціонування організму людини.....	14
1.4 Роль заліза в організмі людини.....	18
1.5 Біологічна роль цинку в організмі.....	21
1.6 Фізіологічне значення магнію для організму людини.....	23
1.7 Селен як важливий мікронутрієнт у харчуванні людини.....	27
1.8 Роль хрому в організмі людини.....	30
1.9 Біологічна роль Марганцю	34
1.10 Поняття харчування, недостатність нутрієнтів.....	39
1.11 Взаємодія різних видів обміну.....	49
РОЗДІЛ 2	54
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	54
РОЗДІЛ 3	57
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	57
3.1 Білково-енергетичний статус різних вікових груп населення.....	60
3.2 Взаємозв'язок білково-енергетичної забезпеченості та інших факторів харчування	61
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТОК А.....	72

ВСТУП

До 80 % населення України за сучасними даними перебуває в стані психоемоційного напруження і зниження функціональних резервів організму, що призводить до збільшення захворюваності і пов'язане з підвищенням смертності населення [10].

Однією з причин є посилення негативного впливу на людину несприятливих екологічних і соціально-економічних чинників, згубний вплив яких змушує організм в процесі адаптації змінювати параметри своїх функцій.

У зв'язку з цим велику значимість набувають дослідження, спрямовані на вивчення механізмів адаптації і дезадаптації людини до мінливих умов середовища [12, 15, 23] визначальне значення в мобілізації захисних сил грає адекватне забезпечення організму білком і енергією [19, 27].

Відомо, що білково-енергетичний обмін тісно пов'язаний з мінеральним обміном, так як обмін, циркуляція, депонування хімічних елементів залежить від їх здатності брати участь в процесах комплексоутворення з природними лігандами, зокрема, з білками, пептидами, нуклеїновими кислотами, амінокислотами та іншими. Отже, адекватне надходження в організм білка, енергії і мінеральних речовин є необхідною умовою підтримки гомеостазу та адаптаційних резервів [43].

Актуальністю роботи є вивчення взаємозв'язку надходження хімічних елементів з харчуванням і оцінкою їх вмісту в біосередовищах, а також дослідження системного підходу до вивчення елементного статусу організму з позицій білково-енергетичної забезпеченості раціонів.

Метою роботи було вивчення впливу білково-енергетичного і елементного статусу на функціональний стан організму людини. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Вивчити взаємозв'язок між особливостями надходження білка і енергії з елементним статусом різних вікових груп.

2. Оцінити взаємозв'язок білково-енергетичної забезпеченості та інших факторів харчування.

Предметом дослідження були співробітники Науково-дослідного інституту травматології та ортопедії м. Лиман.

Об'єктом дослідження були показники впливу білково-енергетичного і елементного статусу на функціональний стан організму людини.

В роботі використані загальноприйняті методи дослідження.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Пристосування організму до зовнішнього середовища як основний прояв життєдіяльності

Під адаптацією розуміють всі види вродженої та набутої пристосувальної діяльності організму, які забезпечуються на основі фізіологічних процесів [1–5, 14]. Адаптація – пристосування до умов існування, одне з основних якостей живої матерії – настільки всеосяжна, що ототожнюється з самим поняттям життя. Починаючи з моменту народження, організм людини раптово потрапляє в абсолютно нові для себе умови і змушений пристосувати до них діяльність всіх своїх органів і систем. Надалі, в ході індивідуального розвитку, чинники, які діють на організм, безперервно видозмінюються, часом набуваючи незвичайну силу або незвичайний характер, що вимагає постійних функціональних перебудов [2–4]. Тому в наукове визначення організму повинне входити і поняття середовища. Відповідно до сучасної концепції живий організм являє собою відкриту біологічну систему, яка знаходиться в постійній взаємодії з навколишнім середовищем [6, 11, 15].

Навколишнє середовище – це сукупність абіотичних, біотичних та антропогенних факторів середовища, які в тій чи іншій мірі, прямо або побічно впливають на популяцію, вид, співтовариство організмів (біоценоз) і визначають можливість їх існування. Адаптацію людини до нових природних і виробничих умов можна коротко охарактеризувати як сукупність соціальних, біологічних властивостей та особливостей, необхідних для стійкого існування організму в конкретному середовищі проживання.

Біологічний сенс активної адаптації полягає у встановленні і підтримці гомеостазу, що дозволяє організму існувати у зміненому зовнішньому середовищі і зберігати сталість ключових показників діяльності різних

систем, що запобігає порушенню нормальної течії фізіологічних функцій і розвиток патологічних процесів, забезпечує працездатність, максимальну тривалість життя і репродуктивність в неадекватних умовах середовища [2–4]. В процесі еволюції в організмі всіх живих істот сформувалася система компенсаторно-приспосувальних реакцій, спрямованих на збереження сталості внутрішнього середовища [7]. Йдеться про потенційні можливості гомеостазу в забезпеченні нормальної життєдіяльності організму при несприятливих умовах середовища. Гомеостаз являє собою стан динамічної рівноваги природної системи, яка підтримується регулярним поновленням основних її структур, матеріально-енергетичного складу і стану, постійною функціональною саморегуляцією у всіх її ланках. Багато авторів вказують на те, що гомеостаз – це стан складної біологічної системи, при якому основні показники її функціональної активності, залишаючись відносно постійними, безперервно змінюються в обмежених межах відповідно до інтенсивності зовнішніх і внутрішніх факторів [11, 18, 24].

Адаптивність організму до того чи іншого середовища не слід розглядати як щось абсолютно стабільне. В процесі життя організму можливі відхилення (флуктуації): тимчасова дезадаптація (зниження стійкості) і реадаптація (відновлення стійкості). Ці флуктуації пов'язані як з функціональним станом організму, так і з дією різних побічних факторів [2–4].

Можливості до адаптації ґрунтуються на цілеспрямованому зміненому обміні речовин і функцій, в залежності від умов зовнішнього середовища і життєдіяльності, а також на морфофункціональному рівні, що відбувається при тривалому впливі різних факторів [15]. В результаті останнього, здатність організму витримувати відповідний вплив або відповідні умови в організмі – збільшується. Фазова течія реакцій адаптації, вперше виявлене Г. Сельє, ні у кого не викликає сумнівів. Можна уявити собі адаптацію як довгий ланцюг реакцій різних систем, у тому числі одні повинні видозмінювати свою діяльність, а інші – регулювати ці видозміни. Оскільки

основою для життя є обмін речовин і метаболізм, нерозривно пов'язаний з енергетичними процесами, адаптація повинна реалізовуватися через пристосувальні зміни метаболізму та підтримання такого його рівня, який би відповідав і був найбільш адекватний новим, зміненим умовам.

Один і той же організм в різні періоди часу може перебувати в різних фазах адаптаційного процесу. Звідси випливає, що резистентність його до даного екстреного фактору (подразника) може бути різною в залежності від того, з якою фазою адаптації збігається цього разу подразник. Попередня історія даної людини або тварини, його теперішній стан – все це становить інтегрований фон, на який накладається безпосередній вплив. Реакція на останнє визначається не тільки його силою, але і тимчасовими силовими співвідношеннями, що складаються між подразниками, що визначають фоновий стан і даним впливом. В умовах повсякденного життя людина або тварини найбільш типові ситуації, при яких дія подразників кожен раз по-різному поєднується за силою і за часом взаємодії. Подразники ніби конкурують і з біологічним значенням для даного організму [2].

Адаптація організму до дії подразників пов'язана зі змінами, в першу чергу, на клітинному та тканинному рівнях. Пристосувальні можливості організму до фактору, що ушкоджує реалізуються на рівні клітинних білків [9]. Стабільність спектра синтезуючих білків є ознакою стабільності функції клітин, а можливість значних змін кількості синтезованих білків є основою виразності регуляторних змін рівня функцій в процесі пристосування організму до змін зовнішнього середовища. Цілеспрямовано протікає протеосинтез, тобто пластичне забезпечення функцій, є обов'язковим компонентом реалізації як загального, так і специфічного пристосування [13].

Тривалість адаптаційних процесів обумовлена різноманіттям і глибиною змін, що відбуваються в організмі. Нетривалі і незначні по силі дії зовнішні чинники викликають у відповідь реакцію, обмежуються функціональними зрушеннями – «терміновий етап адаптації». Терміновий етап адаптації полягає у змінах функцій і обмінних процесів безпосередньо

під час впливу на організм. Він здійснюється за рахунок готових (в основному, генетично обумовлених) регуляторних механізмів [4]. Розмах і стійкість змін залежать від розвиненості відповідних клітинних структур, обмінних процесів і функціональних можливостей. В цьому відношенні велике значення мають умови життя індивідуума, які формують попередній досвід. Життєдіяльність організму протікає на межі його функціональних фізіологічних можливостей, і в організмі для здійснення термінових адаптаційних реакцій є готові механізми. Основна мета термінової адаптації – забезпечення виконання необхідного акту життєдіяльності та підтримання сталості внутрішнього середовища організму.

При тривалому і вираженому впливі умов зовнішнього середовища на організм розвивається довгострокова адаптація. Вона полягає в розвитку структурних змін, що виражаються в збільшенні «робочої площі» для виконання певної функції, в удосконаленні наявних регуляторних механізмів і в розширенні можливостей енергетичного забезпечення функції. Адаптаційні перебудови зачіпають практично всі сторони життєдіяльності і залишають свій відбиток на фізіологічних, біохімічних та структурних змінах органів і систем, включаючи генетичний апарат клітин [2].

Складний процес адаптації до будь-якого неадекватного фактору пов'язана з витратою не тільки енергії, але і структурних – генетично детермінованих – ресурсів організму [9–11].

Зниження пристосувальних можливостей людини в сучасних фізіологічних дослідженнях розглядається в якості головного чинника і формує ступінь ймовірних або вже існуючих патофізіологічних змін [7].

К. Бернар вважав, що підтримання сталості внутрішнього середовища здійснюється в результаті координованої діяльності всіх вітальних механізмів, які забезпечують відновлення параметрів внутрішнього середовища при виникненні змін під впливом обурюючих впливів зовнішнього середовища. Система підтримки організмом гомеостазу виключно складна по своїм механізмам і будується на нескінченній

різноманітності його компенсаторно-приспосувальних реакцій. Комбінації КІР, які використовує організм для підтримки гомеостазу, виключно різноманітні. Однак принцип їх дії досить однотипний та одноманітний [17].

Відповідно до сучасних уявлень надійність систем забезпечення гомеостазу визначається у високому ступені тимчасової синхронізації між початком дії подразника і розвитком відповідної реакції організму. Чим більше зближені дії факторів навколишнього середовища і відповідь організму, тим ефективніше приспосувальна реакція [6].

Відповідно до сучасних уявлень, процес функціонування і адаптації організму до умов середовища існування найбільшою мірою визначається біохімічними факторами, забезпеченням людини необхідними поживними речовинами, включаючи макро- і мікроелементи [1, 5, 11, 23].

Однак еколого-фізіологічні механізми адаптації і дезадаптації людини до швидко мінливих умов середовища проживання антропогенного походження поки вивчені недостатньо [2, 4, 8].

Стабільність хімічного складу є одним з найважливіших і обов'язкових умов нормального функціонування організму.

Відхилення в змісті хімічних елементів, викликані екологічними, професійними, клімато-географічними факторами, призводять до широкого спектру порушень в стані здоров'я.

Відхилення в надходженні в організм макро- і мікроелементів безпосередньо позначаються на діяльності організму, можуть знижувати або підвищувати його опірність, а, отже, здатність до адаптації [20, 24].

Індукована зовнішніми факторами напруга адаптаційних механізмів змінює стійкість організму [1].

Вивчення механізмів адаптації є однією з головних задач екологічної фізіології і медицини [11].

Організм здорової людини має досить чітку саморегулюючу систему гомеостазу, в якій важливу роль грають і хімічні елементи [1, 5, 7, 15, 22]. Їх

рівень в організмі підпорядковується певним фізіологічним закономірностям [15].

Акт травлення є проявом прагнення організму до збереження гомеостазу, оскільки саме в фазу активного травлення з різних нутрієнтів формується збалансований набір, який потрібно для клітин [20]. Недостатність або надмірність поживних речовин, включаючи мінеральні речовини, в раціоні позначаються на діяльності організму, знижують його опірність, а, отже, і здатність до адаптації [11]. В цьому зв'язку особливий інтерес мають дослідження, що розкривають взаємодії в системі «організм – зовнішнє середовище» через харчування.

1.2 Біологічна роль хімічних елементів

Фундаментальні дослідження засновника вчення про біосферу академіка В. І. Вернадського і цілої плеяди його послідовників: А. П. Виноградова, А. І. Венчікова, В. В. Ковальського, Г. А. Бабенко, А. П. Авцина і ряду інших дослідників забезпечили істотний внесок у розуміння значення для живих організмів мінеральних речовин. Після новаторських робіт видатних дослідників вчення про мікроелементи отримало наукову базу [14]. Чисельними дослідженнями доведена роль елементного гомеостазу у функціонуванні організму, виявлено присутність хімічних елементів у вигляді безлічі хімічних сполук у всіх клітинах і тканинах людського організму. Мінеральні речовини беруть участь в нейтралізації кислот і запобігають розвиток ацидозу. Важливе значення мають вони в нормалізації водного обміну в організмі. Виявлено високоактивні в біологічному відношенні зв'язки цієї групи речовин з іншими нутрієнтами. Доведено роль мінеральних речовин в кровотворенні, тканинному диханні та метаболізмі [16, 19]. Крім того, не викликає сумнівів здатність більшості мікроелементів «втручатися» в механізм клітинної загибелі.

Для позначення хімічних елементів, що забезпечують життєдіяльність організму, використовуються різні терміни, які підкреслювали зв'язок цих елементів з життям: біотичний елемент, біогенний елемент і ін.

Основні ознаки елементів – невід'ємних частин живої речовини:

- низька токсичність;
- висока засвоюваність;
- відповідна форма знаходження в організмі (сполуки, аналогічні природним: гліцинат, аспартат, фосфати, цитрати і ін.) [13].

Для систематизації відомостей про вміст і фізіологічну роль хімічних елементів в організмі запропоновано цілий ряд класифікацій біоелементів. Найбільш широко використовується систематизація, заснована на масовій частці в організмі. Згідно з останньою, прийнято виділяти макроелементи, мікроелементи і ультрамікроелементи [10–15].

Макроелементи – елементи, зміст яких в організмі перевищує 0,01 %, деякі елементи цієї групи називають «органогенами» (O, H, C, N, P, S), в зв'язку з їх провідною роллю в формуванні структури тканин і органів.

Мікроелементи (ME) – елементи, вміст яких в організмі становить від 0,00001 до 0,01 %. Єдиною характерною рисою мікроелементів є їх низька концентрація в живих тканинах. Однак, незважаючи на «низький» вміст, мікроелементи – це не випадкові інгредієнти тканин і рідин живих організмів, а компоненти складної фізіологічної системи, яка бере участь в регулюванні життєвих функцій організмів на всіх стадіях розвитку.

Дане твердження базується на трьох основних, принципах: відбіркоче поглинання мікроелементів; відбіркова концентрація їх в певних органах, органах, тканинах і деяких органелах клітини; селективна елімінація мікроелементів [1].

Саме взаємодія цих механізмів забезпечує підтримку мікроелементного гомеостазу. Мікроелементи відрізняються один від одного за своїми фізико-хімічними властивостями і біологічною дією, але разом вони не мають будь-

якої загальної хімічної характеристики, яка давала б можливість відрізнити їх від макроелементів, за винятком концентрації в організмі [24].

З точки зору науки про харчування, мікроелементи є настільки ж необхідними компонентами харчування, як і інші хімічні елементи.

Як випливає з сучасних уявлень, вміст елементів в організмі не є постійною величиною, а залежить від середовища проживання людини, його харчування, роду діяльності [8, 11, 16]. В даний час, виділені дві групи мікроелементів. Есенційні МЕ – незамінні нутрієнти (Fe, Si, Zn, Cr, Se, Mo, I, Co) і умовно есенційні (Hs, B, Br, F, Li, Ni, Si, V). Елемент вважається есенційним, якщо при його відсутності або недостатньому надходженні організм перестає рости і розвиватися, не може здійснити свій біологічний цикл. Введення відсутнього елемента усуває ознаки його дефіциту і повертає організму життєздатність. Дані елементи необхідні для нормального росту і розвитку організму, для підтримки гомеостаз.

Есенційним МЕ ідентифіковані в складі різних білкових структур (рецепторів, ферментів, іонних каналів і ін.), пігментів, вітамінів і т. д.

Другу значну групу елементів складають токсичні МЕ (Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba, Bi, Tl) і «потенційно-токсичні» (Ag, Au, In, Rb, Ti, U, W, Sn, Zr) і ін. [17, 20]. Результатом впливу цих елементів на організм є розвиток синдромів інтоксикацій – токсикопатій.

Токсичні мікроелементи впливають на біологічні процеси, проте їх не вдалося виявити в складі нормальних макромолекулярних клітинних структур [24].

Складність проблеми полягає в тому, що самі есенційні МЕ при певних умовах можуть викликати токсичні реакції, а окремі токсичні МЕ при певному дозуванні і експозиції можуть виявляти властивості есенційних МЕ, тобто опинятися корисними і навіть життєво важливими.

У вітчизняній літературі [1, 4, 8] було запропоновано більш складна класифікація мікроелементів:

1) За життєвою необхідністю:

- есенційні: Fe, I, Ci, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn;
- умовно-есенційні: As, B, Br, F, Li, Ni, V, Si;
- токсичні: Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba, Vi, Tl;
- потенційно-токсичні: Ge, Au, In, Rb, Ag, Ti, Te, U, W, Sn, Zr та інші.

2) За впливом на імунну систему:

- необхідні (есенційні): Fe, I, Ci, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn, Li;
- імунотоксичні: Al, As, B, Ni, Cd, Pb, Hg, Be, Ti, Tl, Ge, Au, Sn та ін.

Стабільність хімічного складу всіх видів організмів надзвичайно важлива, оскільки є обов'язковою умовою їх нормальної життєдіяльності. Будь-які відхилення в складі хімічних елементів, викликані дією зовнішніх або внутрішніх факторів, призводять до порушень функціонування живих систем. оцінка стану хімічного гомеостазу макроорганізмів є однією з актуальних задач сучасної фізіології, екології людини і медицини [15].

Мінеральний гомеостаз забезпечується підтримкою на необхідному для функціонування організму рівні концентрації різних хімічних елементів. Регуляція обміну мікроелементів може здійснюватися (у разі надмірного надходження ззовні певного елемента) скороченням або повним припиненням його всмоктування в шлунково-кишковому тракті або прискореним виведенням з організму надмірної кількості. У разі ж нестачі організм прагне максимально повно утилізувати дефіцитний елемент. Нестача якогось ключового хімічного елемента (елементів) в генетично чужому середовищі тягне за собою порушення системи мінерального гомеостазу і, як наслідок, зростання різних захворювань і зниження працездатності організму [2, 15]. В даний час вже доведено, що дефіцит есенційних мікроелементів веде до розвитку характерних симптомів недостатності, при цьому виникають синдроми недостатності мікроелементів, які супроводжуються специфічними структурними і функціональними порушеннями і усуваються при введенні дефіцитного мікроелемента. Відзначено, що дефіцит одних мікроелементів і надлишок інших сприяє зниженню активності клітинного і гуморального імунітету,

підвищення ризику розвитку онкологічних захворювань, порушення репродуктивної функції, зростання інфекційної патології (грибкові, вірусні, бактеріальні інфекції), вроджених аномалій.

На тлі нестачі міді, наприклад, розвивається гіпотиреоз, порушення ліпідного обміну (атеросклероз, ожиріння, діабет), порушення статевого розвитку у дівчат [11, 20].

Дефіцит цинку призводить до порушення репродуктивної функції, розвитку алергічних захворювань, підвищення ризику розвитку онкологічних захворювань, затримки фізичного розвитку. У той же час надлишок його надає ембріотоксичну, мутагенну і нефротоксичну дію [11].

Незважаючи на відносну недостатність об'єктивних даних, питання про закономірності трансформації хімічних елементів у живому організмі представляє безперечний інтерес. В даний час стало очевидним, що немає жодного біохімічного процесу, жодної, фізіологічної функції живого організму, які могли б здійснюватися без участі того чи іншого хімічного елемента. Дані обставини змушують по-іншому поглянути на важливість харчування для оптимізації обмінних процесів в організмі людини.

1.3 Значення йоду для нормального функціонування організму людини

Для нормального функціонування організму людині необхідно надходження з їжею певних елементів. Зокрема, необхідно, щоб у раціоні були присутні продукти, багаті на вітаміни, макроелементами та мікроелементами. Одним із найважливіших для здоров'я людини елементів є йод.

Йод як хімічна речовина має вигляд темно-фіолетових кристалів. При нагріванні внаслідок особливостей внутрішньої будови кристалічних ґрат, а саме наявності в її вузлах молекул, з'єднання не розплавляється, а одразу утворює пари. Це сублимація, вона пояснюється слабким зв'язком між молекулами всередині кристала, які легко відриваються одна від одної -

утворюється газоподібна фаза речовини. Номер йоду в таблиці Менделєєва – 53.

Йод відноситься до групи есенціальних (життєво необхідних) мікроелементів. Це єдиний мікроелемент, який бере участь у синтезі гормонів і є їх складовою. В організмі дорослої людини міститься 20-30 мг йоду, при цьому близько 8 мг (30%) знаходиться в щитоподібній залозі, близько 35% йоду знаходиться у плазмі крові у вигляді органічних сполук (переважно у вигляді гормону щитовидної залози – тироксину).

Без йоду неможлива нормальна робота підшлункової залози, найважливішого органу, що відповідає за травлення та регуляцію рівня цукру в крові. Крім того, йод важливий для щитоподібної залози, яка відповідає за роботу центральної нервової системи, також для процесу засвоєння жирів та вуглеводів, за стан шкіри та волосся.

Гормони, що виробляються щитоподібною залозою, приймають безпосередню участь у розвитку клітин центральної нервової системи, а також шкіри та волосся, тому максимальну дозу йоду повинні отримувати вагітні та годуючі жінки. Для них добова доза становить близько 210 мкг на добу. Дорослій людині цілком достатньо 150 мкг йоду. Дітям, які не досягли дворічного віку, потрібно забезпечити не менше 50 мкг йоду. З двох до шести років ця доза має подвоїтися, а школярам потрібно приблизно 120 мкг йоду на добу.

Найбільше йоду міститься у морепродуктах. Відомо, що мешканці морської стихії здатні акумулювати йод із солоної води. Зокрема, всього 150 грамів морської капусти, або ламінарії, здатні забезпечити добову дозу йоду, яка необхідна дорослій людині. Досить велика кількість йоду міститься у фукусі, проте в нашій країні знайти цю водорість у магазинах досить непросто.

Також багата йодом печінка тріски. Усього в 100 грамах цього продукту міститься близько 350 мкг йоду. Сира морська риба, наприклад,

камбала, палтус або оселедець містять від 100 до 200 мкг цінного мікроелемента. Приблизно аналогічна кількість йоду міститься у 100 грамах кальмарів, мідій, устриць та креветок. Слід пам'ятати, що йод - досить нестійка сполука, здатна випаровуватися при тепловій обробці. Не можна виключати з раціону сири та молочні продукти, в яких міститься близько 11 мкг йоду на 100 г ваги. Приблизно 7 мкг йоду міститься в картоплі, моркві, томатах та щавлі. У хурмі, полуниці, лимонах та винограді міститься не більше 5 мкг йоду на 100 грамів ваги. Тому дієтологи рекомендують купувати фрукти та овочі, які вирощуються на ґрунтах, збагачених йодом.

Серед овочів за вмістом йоду на першому місці квасоля – на 100 г 12 мг. йоду. Далі йде часник (9 мг), потім буряк (7 мг), помідори (6 мг). Далі – соя, редиска, зелений салат, морква, картопля, баклажани. Серед фруктів найбільше йоду міститься в кислих яблуках, апельсинах, вишні, а грушах, абрикосах, смородині та агрусі – вдвічі менше.

Серед круп лідирує пшоняна крупа. У ній йоду міститься понад 4 мг. на 100 г продукту. Далі по спаданню йде гречка, пшенична крупа, рис. Не можна забувати і про такий цінний продукт харчування, як курячі яйця. Одне яйце містить не лише цінні для організму білки та жири, а й приблизно 12 мкг йоду. Недостатнє надходження йоду призводить до йододефіциту, який значною мірою позначається на роботі щитоподібної залози, що є своєрідним "розподільником" йоду.

Гормони, що виробляються щитоподібною залозою, беруть участь у ряді метаболічних процесів, зокрема, у розщепленні та накопиченні жирів та вуглеводів. У тому випадку, якщо в раціоні спостерігається нестача йоду, щитоподібна залоза змінює режим роботи. У процесі еволюції виробився особливий механізм: у разі, якщо організму загрожує небезпека як нестачі їжі, ендокринна система починає «працювати» над створенням запасів. В результаті утворюються жирові відкладення, що нерідко стає причиною ожиріння. Одночасно знижується вироблення гормонів росту: в організмі уповільнюються всі метаболічні процеси, щоб «перечекати» нелегкий період.

Дається ознаки це і на роботі нервової системи: людина стає загальмованим, у нього погіршується пам'ять та знижується здатність концентрувати увагу. Якщо протягом тривалого часу в організм не надходить необхідна кількість йоду, спостерігаються такі симптоми:

- щитоподібна залоза збільшується у розмірі (розвивається зоб);
- страждає робота ендокринної системи;
- у дітей спостерігається відставання як у фізичному, так і в інтелектуальному розвитку;
- сонливість, постійне почуття втоми, нестача енергії;
- порушення роботи репродуктивної системи: імпотенція, безплідність, аномалії розвитку плода тощо.

З дефіцитом йоду в раціоні можуть бути пов'язані також порушення роботи серцево-судинної та дихальної систем. У багатьох країнах навіть у нас теж, люди намагаються заповнити дефіцит йоду в раціоні, вживаючи спеціальну йодовану сіль. Усього два грами такої солі дозволяє повністю заповнити добовий обсяг цього цінного мікроелемента. Йодована сіль була винайдена в Америці, де на початку минулого століття було відзначено значне зростання випадків народження дітей із кретинізмом (важкою формою олігофренії). Діти з розумовою відсталістю народжувалися в тих місцях, де ґрунт, а отже, і продукти харчування були недостатньо багаті йодом. В умовах нашого регіону багато людей не вживають морепродуктів. у зв'язку з його фактичною відсутністю, непоганим способом позбавитися від нестачі йоду може стати заміна звичайної кухонної солі на йодовану. Масова йодна профілактика – це йодована сіль. Використання йодованої кухонної солі є найбільш універсальним методом йодна профілактика і має ряд переваг. Захворювання, зумовлені недоліком йоду, є серйозною медикосоціальною проблемою в багатьох країнах світу. Згідно з даними Всесвітній організації охорони здоров'я у 30% населення світу є ризик

розвитку йододефіцитних захворювань, у тому числі понад 40 млн. осіб страждають на розумову відсталість внаслідок дефіциту йоду.

1.4 Роль заліза в організмі людини

Залізо не дарма входить до переліку життєво важливих мікроелементів: у нашому організмі його дуже мало, але без нього неможливо було б здійснення багатьох функцій. Без заліза наші клітини залишилися б без кисню, а організм зі зниженим імунітетом. Крім того, залізо входить до складу антиокислювальних ферментів (каталази та пероксидази), які оберігають клітини від руйнівної дії продуктів окиснення. Без заліза що неспроможні повноцінно працювати щитоподібна залоза і центральна нервова система [1]. Дитячому організму залізо необхідне як для кровотворення, але й формування зростаючих тканин, тому в дітей з віком потреба у залізі (з розрахунку на 1 кг ваги) більше, ніж в дорослих. За даними педіатрів [2], в нашій країні близько 50-60% дітей дошкільного віку і третина школярів страждають від нестачі заліза. Одна з основних причин дефіциту заліза в дітей віком — це, звичайно, неправильне харчування. Майже дві третини дітей харчуються переважно борошняними та молочними продуктами, у яких заліза небагато [3]. М'ясо, бобові та продукти з цільного зерна становлять лише малу частину їхнього раціону. Звідси — часті дитячі застуди, спричинені ослабленням імунної системи, яка не справляється з продукуванням достатньої кількості антитіл.

Залізо є незамінним біометалом, що відіграє важливу роль у функціонуванні клітин багатьох систем організму. Біологічне значення заліза визначається його здатністю оборотно окислюватись та відновлюватись. Ця властивість забезпечує участь заліза у процесах тканинного дихання. У живих організмах залізо є важливим мікроелементом, який каталізує процеси обміну киснем (дихання). В організмі дорослої людини міститься близько 3,5 г заліза (близько 0,02 %), з яких 78 % є головним діючим елементом гемоглобіну крові, решта входить до складу ферментів інших клітин,

каталізуючи процеси дихання в клітинах. Нестача заліза проявляється як хвороба організму (хлороз у рослин та анемія у тварин та людини). У дітей затримується ріст і розумовий розвиток, дорослі відчувають постійну втому, починаються проблеми зі шкірою та слизовими, вразливими стають порожнину рота, шлунково-кишковий тракт та дихальні шляхи, що може бути однією з причин дерматитів, екзем, ринітів, гастритів тощо. [4]. Зазвичай залізо входить у ферменти як комплексу, званого гемом. Зокрема, цей комплекс присутній у гемоглобіні – найважливішому білку, який забезпечує транспорт кисню з кров'ю до всіх органів людини та тварин. І саме він забарвлює кров у характерний червоний колір. Комплекси заліза, відмінні від гему, зустрічаються, наприклад, у ферменті метан-моноксигеназі, що окислює метан у метанол, у важливому ферменті рибонуклеотид-редуктазі, який бере участь у синтезі ДНК [5]. Неорганічні сполуки заліза трапляється у деяких бактеріях, іноді використовується ними зв'язування азоту повітря.

В організм тварин і людини залізо надходить з їжею (найбагатші їм печінка, м'ясо, яйця, бобові, хліб, крупи, буряк). Вміст заліза у воді більше 1–2 мг/л значно погіршує її органолептичні властивості, надаючи їй неприємного в'язучого смаку, і робить воду малоприсадною для використання, викликає у людини алергічні реакції, може стати причиною хвороби крові та печінки (гемохроматоз). Надмірна доза заліза (200 мг і вище) може чинити токсичну дію.

Добова потреба людини в залізі наступна: діти – від 4 до 18 мг, дорослі чоловіки – 10 мг, дорослі жінки – 18 мг, вагітні жінки у другій половині вагітності – 33 мг. У жінок потреба дещо вища, ніж у чоловіків. Як правило, заліза, що надходить з їжею, цілком достатньо, але в деяких спеціальних випадках (анемія, а також при донорстві крові) необхідно застосовувати залізовмісні препарати та харчові добавки. Добова потреба в залізі мала, однак у дитини, яку годують грудьми, нерідко виникає дефіцит заліза. В організмі легко відновлюється рівновага між надходженням та виведенням

заліза, і тимчасовий дефіцит його легко поповнюється за рахунок наявних запасів [2]. Потреба в залозі значно зростає при анемії, спричиненій, наприклад, такими паразитарними інвазіями, як малярія та анкілостомоз, які дуже поширені в тропічних країнах.

Насамперед, високим вмістом заліза у доступній засвоєння формі відрізняються продукти тваринного походження. Приблизна кількість заліза в 100 г продукту така: телятина – 2,9 мг, м'ясо кролика – 3,3 мг, свинина – 1,4 мг, баранина – 2 мг, шинка – 2,6 мг, кури – 1,6 мг. Хліб та хлібобулочні вироби також можна віднести до продуктів, що сприяють усуненню залізодефіцитних станів: хліб житній – 3,9 мг, хліб пшеничний – 1,9 мг, батон із борошна 1-го гатунку – 2 мг, сухарі – 3,3 мг, макарони - 1,6 мг. Риба містить набагато меншу кількість заліза: тріска - 0,7 мг, севрюга - 0,6 мг, оселедець солоний атлантичний - 1 мг, судак - 0,05 мг. Молоко та молочні продукти також містять невелику кількість заліза: молоко, кисле молоко, кефір - 0,1 мг, молоко згущене з цукром - 0,2 мг, сухе молоко - 0,5 мг, сметана - 0,2 мг, сири - 1, 1 мг, сир жирний та сир нежирний - 0,5 мг і 0,3 мг заліза відповідно.

Більшість рослинних продуктів містять відносно невелику кількість заліза. Наприклад, 100 г моркви містять у собі 0,7 мг заліза, томати - 0,9 мг, виноград - 0,6 мг, капуста - 0,6 мг, сливи - 0,5 мг, цибуля ріпчаста і цибуля зелена - 0, 8 мг та 1 мг відповідно. Водночас деякі продукти рослинного походження містять цілком пристойну кількість заліза: яблука – 2,2 мг, груші – 2,3 мг, шпинат – 3,5 мг, горіхи фундук – 3 мг, кукурудза – 2,7 мг, горох – 7,0 мг, квасоля – 5,9 мг. У 100 г гречаної крупи міститься 6,7 мг заліза, у пшоняній крупі - 2,7 мг, у манній крупі та рисі - 1 мг [9-11]. Яблука та гранат містять багато заліза, їх справедливо вважають добрим помічником при анеміях у дітей, дорослих і особливо у вагітних жінок. Звичайно заліза в яблуках набагато менше, ніж у печінці, м'ясі, але залізо з яблук має високу біологічну засвоюваність, тобто майже все використовується організмом.

1.5 Біологічна роль цинку в організмі

Цинк належить до найбільш важливих і незамінних для життєдіяльності організму людини мікроелементів. За поширенням в організмі людини цей елемент — на другому місці після заліза. Здатність цинку брати участь у процесах лігандоутворення з органічними молекулами пояснює надзвичайно широкий спектр його участі у різних біологічних системах. Це супроводжується і відносною безпекою цього елемента, особливо відсутністю оксидантних властивостей (на відміну від заліза і міді), що покращує транспорт і метаболізм цинку в організмі та швидке біологічне засвоєння його клітинами.

Цинк є незамінним для генної експресії і метаболізму нуклеїнових кислот, відповідно, і всіх процесів росту і диференціації клітин. Цинк також є структурним компонентом біологічних мембран, клітинних рецепторів, протеїнів, входить до складу понад 200 ензиматичних систем, що регулюють основні процеси обміну речовин. Цинк є структурним компонентом таких ферментів, як РНК-полімераза, ДНК-полімераза, алкогольдегідрогеназа, карбоксипептидаза А і В, піруваткарбоксилаза, супероксиддисмутаза та багатьох інших, що дозволяє зробити висновок про широкий спектр метаболічної активності цього елемента.

Оскільки цинк має важливе значення для росту і диференціації клітин, він відіграє особливу роль в різні періоди людського життя, а саме в ранньому дитинстві і в період статевого розвитку.

В організмі людини загалом міститься близько 2 г цинку (у м'язах, кістках та інших тканинах). Найвища концентрація його в еритроцитах. Більша частина цинку у крові (75–85%) зв'язана з карбоангідразою еритроцитів. Цинк є інгібітором формування і трансформації еритроцитів у їх гемолізовані форми, а також стабілізатором клітинних плазматичних мембран проти дії вірусної інфекції і токсинів. Високий вміст цинку у шкірі, волоссі, нігтях, а також у чоловічих репродуктивних органах. Середній вміст цього елемента у сироватці крові становить близько 960 мкг/л; добова

потреба у ньому — 0,3 мкмоль/кг, при деяких захворюваннях вона може зростати до 0,7 мкмоль/кг.

Наслідками нестачі цинку та порушень обміну мікроелемента в організмі людини і тварин є порушення обміну цинку або дефіцит цього мікроелемента в організмі людини і тварин зумовлює погіршення стану здоров'я аж до розвитку важких захворювань. Це зумовлюється участю цинку в підтриманні належної структури та функції великої кількості білків, необхідних для діяльності органів і систем [60]. Різноманітні наслідки дефіциту цинку є свідченням важливої ролі, яку елемент відіграє у фундаментальних біологічних процесах. Відомо, що нестача цього незамінного мікроелемента в організмі людей зумовлюється різними чинниками і становить не лише медико-біологічну, але й соціально-економічну проблему. Певну роль у розвитку цинк-дефіцитних станів відіграють також і особливості харчування.

У багатьох дослідженнях встановлено, що нестача цинку призводить до розвитку цілого ряду патологічних змін в організмі людини і тварин. Вони проявляються, перш за все, в ураженні імунної системи (зменшення маси лімфоїдної тканини тимусу, лімфовузлів, селезінки, мигдалин та кількісного вмісту лейкоцитів, пригнічення функціональної активності Т-лімфоцитів та низки реакцій гуморального імунітету), пригніченні статевої функції, розвитку шкірних захворювань з порушенням загоєння ран, погіршенні зору; у дітей — у затримці процесів росту та статевого дозрівання. Типовими клінічними ознаками недостатності цинку в організмі є сповільнення росту, гіпогонадизм, зміни стану шкіри, алергічні реакції, відсутність апетиту, летаргія. У Новій Зеландії та Північній Америці виразна аліментарна цинкова недостатність була виявлена у хворих, що перебували на тривалому парентеральному живленні. Пізніше нестачу цинку спостерігали у людей з порушеннями всмоктувальної здатності кишечника, у хворих на хронічні захворювання печінки і нирок, серповидно-клітинну анемію. Аліментарна недостатність цинку розвивається, якщо вміст мікроелемента в раціоні і/або

рівень всмоктування в кишечнику низький, а також внаслідок порушень у гомеостатичних механізмах, коли організм втрачає здатність утилізувати в достатній кількості екзогенний і зберігати ендогенний цинк. У відповідь на дефіцит цинку у харчовому раціоні рівень мікроелемента в плазмі та запаси в тканинах зменшуються, що супроводжується зменшенням вмісту металотіонеїну (МТ) в клітинах та зниженням активності Cu/Zn-СОД в плазмі. Такі явища особливо небезпечні за умов, коли організм перебуває в стані стресу, хвороби, депресії, під впливом різноманітних несприятливих або й токсичних чинників навколишнього середовища. Показано, що ризик розвитку недостатності цинку вищий у літніх людей, ніж у молодих, що пов'язане з меншим рівнем споживання цинку, зниженням ефективності абсорбції та збільшенням екскреції мікроелемента з віком [31]. Високий ризик розвитку дефіциту цинку в організмі вагітних жінок та годувальниць. Зокрема, у матерів, що годують, відбувається резорбція кісток і зменшення вмісту цього елемента в кістковій тканині. Легку і помірну недостатність цинку часто виявляють у відносно здорових грудних дітей і дітей старшого віку в країнах що розвиваються, а також в індустріально розвинених країнах [33]. До інших груп населення, схильних до розвитку нестачі цинку, належать вегетаріанці, а також мешканці техногенно навантажених територій.

1.6 Фізіологічне значення магнію для організму людини

Магній - один із найпоширеніших елементів у природі. Особливо багато магнію у морській воді. Питна вода також містить солі магнію; якщо кількість магнію у воді велика, таку воду називають "жорсткою" [1]. Більшість солей магнію добре розчиняється у воді. Добова потреба людини у ньому становить 0,05 % від маси тіла. Серед катіонів, присутніх в організмі людини, іон магнію (Mg^{2+}) знаходиться на четвертому місці за поширеністю (після натрію, калію та кальцію). Загальний вміст магнію в організмі людини становить приблизно 140 г, що відповідає 0,2% від маси тіла, причому 2/3 від

цієї кількості посідає кісткову тканину [2, 3]. Близько 20% елемента міститься у тканинах з високою метаболічною активністю (мозок, серце, м'язи, надниркові залози, нирки, печінка) [3, 4]. Головне «депо» магнію у людини знаходиться в кістках та м'язах, яке виявлено методом мічених атомів із застосуванням ізотопу магнію ^{28}Mg .

Магній надходить в організм із їжею, водою та кухонною сіллю. Особливо багата на магній рослинна їжа — необроблені зернові, інжир, мигдаль, горіхи, темно-зелені овочі, банани, крупи та бобові. Частина іонізованого магнію відщеплюється від магнезійних солей їжі ще у шлунку та всмоктується у кров. Основна частина важкорозчинних солей магнію переходить у кишечник і тільки після з'єднання їх з жирними і лужними кислотами всмоктується у кров. Ці комплексні сполуки магнію надходять печінку. У шлунково-кишковому тракті абсорбується до 40-45% елемента, що надійшов. У крові людини приблизно 50% магнію знаходиться у зв'язаному з білками, амінокислотами та всіма відомими на сьогоднішній день нейропептидами стані та решта в іонізованому. Концентрація магнію в крові становить 0,8-1,2 ммоль/л, при цьому його вміст усередині клітин у 25-30 разів вище, ніж у позаклітинному просторі, а в клітинах максимум його в мітохондріях та ядрах [3].

Магній є найважливішим внутрішньоклітинним елементом усіх клітин та тканин, беручи участь разом з іонами інших елементів у збереження іонної рівноваги рідких середовищ організму; входить до складу ферментів, пов'язаних з обміном фосфору та вуглеводів; активує фосфатазу плазми та кісток та бере участь у регуляції нейрохімічної передачі та м'язової збудливості [7]. Значення магнію, як макроелемента, у життєдіяльності проявляється в тому, що він є універсальним регулятором біохімічних і фізіологічних процесів в організмі і є донором енергії у процесах життєдіяльності клітин у вигляді Mg^{2+} -АТФ [8]. Магній бере участь у синтезі білка та нуклеїнових кислот, бере участь в обміні білків, жирів та вуглеводів. Магній, вступаючи в оборотні зв'язки з багатьма органічними

речовинами, забезпечує можливість метаболізму близько 300 ферментів, зокрема креатинкінази, аденілатциклази, фосфофруктокінази, K^+ , Na^+ , АТФази, Ca^{2+} , АТФази, ферментів білкового синтезу, гліколізу, трансмембранного транспорту іонів та ін [9]. Цей хімічний елемент бере участь у зберіганні, перенесенні та утилізації енергії, є фізіологічним антагоністом кальцію та контролює баланс внутрішньоклітинного калію. Він розслаблює гладку мускулатуру, знижує артеріальний тиск, особливо при його підвищенні, пригнічує агрегацію тромбоцитів [2, 10], має кардіо- та вазопротективною дією, сприяє зменшенню кількості та тривалості епізодів ішемії міокарда та зростання адаптації до ішемії при стабільній стенокардії [13].

Магній необхідний для адгезії та міграції клітин, енергетичного метаболізму, транскрипції ДНК, стабільності РНК. Магній приймає участь у синтезі та деградації численних нейромедіаторів, зокрема катехоламінів. У головному мозку вони разом із цинком та міддю беруть участь у формуванні просторової конфігурації та внутрішньомолекулярної стабілізації ендорфінів, гіпоталамічних релізінг-факторів, субстанції Р, нейропептиду Y і т.д.

Магній також бере участь у забезпеченні антиоксидантного захисту нейронів та гліальних елементів. Іони магнію безпосередньо беруть участь у процесах стабілізації N-метил-D-аспартат та гліцинових рецепторів, на постсинаптичній мембрані нейронів та захищає їх від пошкодження вільними радикалами, токсичними речовинами та ліками [14, 15]. Магній є коферментом у понад 300 білкових структурах.

З фізіологічної точки зору до 53% магнію концентрується в кістковій тканині, дентині та емалі зубів. Зменшення кількості щоденного магнію, що приймається, може компенсуватися зростаючою адсорбцією магнію в кишечнику та зменшенням виділення його через нирки. Ці процеси транспорту магнію регулюються низкою гормонів, включаючи антидіуретичний гормон, глюкагон, кальцитонін, гормон пара щитоподібної залози та інсулін [19, 20].

Найбільш загальний ефект впливу магнію на будь-яку тканину полягає в тому, що іони магнію необхідні для стабілізації некодуєчих РНК. Дефіцит магнію призводить до збільшення числа дисфункціональних молекул тРНК, таким чином, знижуючи та уповільнюючи загальну швидкість білкового синтезу. Відомо, що іони магнію у позаклітинній рідині інгібують викид нейромедіаторів (ацетилхоліну та катехоламінів). За рахунок цього магній надає загальмовує центральну нервову систему дію, розслабляє м'язові волокна, будучи таким чином природнім антистресовим фактором, здатним створювати позитивний психологічний настрій.

Нормальна концентрація магнію в сироватці становить 0,8–1,2 ммоль/л [26]. При визначенні рівня магнію сироватки крові нижче 0,8 ммоль/л діагноз дефіциту магнію достовірний, оскільки свідчить про відсутність можливостей підтримки необхідного рівня елемента у плазмі крові [27, 29]. Його концентрація у крові 0,7–0,8 ммоль/л вважається ознакою легкої недостатності, 0,5-0,7 ммоль/л - помірною, а 0,2-0,5 ммоль/л - вираженого дефіциту магнію.

Важливе значення на формування дефіциту магнію в організмі має характер харчування сучасної людини. Широке використання мінеральних добрив знижує вміст цього мікроелемента у ґрунті, а потім – і в рослинах. Сучасні технології обробки овочів та високий рівень споживання рафінованих продуктів також зменшують надходження магнію з їжею. Недостатній вміст магнію в організмі проявляється безліччю симптомів як з боку серцево-судинної системи, так і з боку нервової та ендокринної системи. Дефіцит магнію є найпоширенішим видом мінеральної недостатності у населення багатьох країнах.

1.7 Селен як важливий мікронутрієнт у харчуванні людини

Один із важливих факторів, що впливають на стан здоров'я кожної людини та всього людства в цілому – фактор харчування. Повноцінне харчування є основою для нормального розвитку дитини, підтримки доброго самопочуття дорослого, його довголіття, високої працездатності, опірності інфекціям та іншим несприятливим впливам.

Мінеральні речовини не мають енергетичної цінності, але відіграють важливу роль різних обмінних процесах організму. Недостатність чи надлишкове надходження в організм мінеральних речовин завжди призводить до виникнення тих чи інших патологічних змін

Серед мікроелементів особливе місце посідає селен. Спектр процесів селену всередині організму досить широкий. Селен входить до складу селенопротеїнів, які мають широкий спектр політропних ефектів, від антиоксидантного до протизапального, а також бере участь у синтезі активного гормону щитовидної залози. Низький вміст селену в організмі людини може асоціюватися з зниженням імунітету, виникненням низки захворювань щитовидної залози, безпліддям (як у чоловіків, так і у жінок), поряд психоемоційних розладів [1]. У літературі є ряд наукових праць, що вказують на сприятливий вплив добавок селену в їжу на деякі захворювання, включаючи хворобу Грейвса, аутоімунний тиреоїдит [2], але результати цих досліджень суперечливі. Очевидно, користь від добавки селену буде лише у разі його нестачі в організмі. Не можна забувати про токсичність селену та про можливий розвиток цукрового діабету 2-го типу в осіб, які приймають препарати, що містять селен, із задовільним вмістом даного мінералу у сироватці крові [3].

На сьогоднішній день селен (Se) залишається мало вивченим мікроелементом, який виявляє як токсичні, і есенціальні властивості. Відповідно до сучасних даних, дефіцит селену характерний для ряду країн, у тому числі і для деяких регіонів України [1-4]. Розрахунок змісту селену в основних компонентах дієти на території колишнього СРСР показав, що

основним джерелом селену для мешканців України та країн пострадянського простору є зернові культури. Показово, що частка надходження селену з продуктами переробки зерна в Україні суттєво вище, ніж у США та Фінляндії, де його основним джерелом для людини є м'ясо [5, 6].

Надходження Se в організм із зерновими продуктами може становити 62% від загальної кількості [7]. В Україні низькі концентрації Se в пшеничному борошні зареєстровано в північних і північно-західних областях, які входять до складу Полісся та мають кислі та сильно зволожені ґрунти з низькою біодоступністю селену.

Селен - дуже рідкісний елемент, зміст якого в земній корі становить $1,4 \times 10^{-5}\%$ за масою [10]. Невисокі концентрації Se виявляються в дерново-підзолистих ґрунтах, а найвищі - у торф'яно-болотних, глинистих ґрунтах. Оскільки концентрація селену у ґрунті широко варіює у різних регіонах, виділяють селенодефіцитні райони (вміст селену в ґрунті, а отже, і в харчових продуктах, вирощених на ньому, нижче норми) та з нормальним змістом селену [12]. Майже 90% селену людина отримує з рослинною та тваринною їжею і лише 10% - з водою. Концентрація селену в озерних водах становить 0,1-0,8 мкг/л, у річкових – 0,2 мкг/л [13].

За даними National Institutes of Health, селен відіграє важливу роль у функціонуванні серцево-судинної системи. Виявлено чіткий взаємозв'язок між рівнем селену в крові та ризиком розвитку ішемічної хвороби серця (ІХС). У людей з низьким показником вмісту селену ця хвороба проявляється у 70 разів частіше. Дефіцит селену є фактором ризику розвитку коронарних захворювань, особливо у випадках поєднання дефіциту селену з дефіцитом вітаміну Е. Вітамін Е та селен знижують концентрацію холестеролу в тканинах судин, уповільнюючи розвиток атеросклерозу [59, 60].

У присутності оптимальної кількості селену в організмі синтезується важливий кофермент Q10, який захищає серцевий м'яз від кисневої недостатності та допомагає м'язу серця відновитися після інфаркту [60].

Селенопротеїни – білки, що містяться в селені, – допомагають запобігти пошкодженню ліпідів, зменшуючи запалення та накопичення тромбоцитів. Тому вчені припускають, що добавки селену можуть запобігти хворобам серцево-судинної системи або смерті, пов'язаної з цими захворюваннями.

На функцію мозку рівень селену впливає як позитивно, і негативно. Селен не тільки є антиоксидантом для клітин мозку, але й бере участь у передачі сигналів нейронів [46]. Зниження активності селенопротеїнів визначає неврологічні розлади та порушення когнітивних функцій [45]. Селен та селенопротеїн Р захищають мозок від хвороби Альцгеймера [66]. Однак надлишок селену є нейротоксичним. і може викликати летаргію та бічний аміотрофічний склероз. Неорганічні форми селену беруть участь у розвитку легкого порушення когнітивних функцій при деменції при хворобі Альцгеймера Селен має антиоксидантну дію. Він допомагає знизити окислювальний стрес, контролюючи кількість вільних радикалів. Вчені припускають, що дефіцит селену збільшує ризик порушення функцій мозку з віком, наприклад, проблеми з пам'яттю. Так деякі дослідження доводять, що пацієнти з хворобою Альцгеймера мають нижчий рівень селену в крові.

За словами експертів National Institutes of Health, потрібні додаткові докази, щоб визначити, чи дійсно добавки селену запобігають зниженню когнітивних функцій у літніх людей.

Селен необхідний для нормального функціонування імунної системи - як клітинної, так і гуморальної ланки: він стимулює функцію природних кілерів, підвищує продукцію інтерлейкіну-1 та інтерлейкіну-2, пригнічує гіперчутливість негайного типу та гіперчутливість уповільненого типу, модулює фагоцитарну функцію поліморфноядерних лейкоцитів, потенціює функцію природних кілерів та антителогенез [51], надає антиапоптогенний та радіопротекторний ефекти, блокує транскрипцію вірусів, у тому числі вірусу СНІДу [10].

Селен також відіграє важливу роль у підтримці здорової функції щитоподібної залози. Найбільша кількість мінералу знаходиться саме в цьому органі. Селен захищає щитоподібну залозу від окислювальних пошкоджень і відіграє важливу роль у виробленні тиреоїдних гормонів, які відповідають за регуляцію обміну речовин.

Дефіцит Se – не хвороба, а важливий фактор втрати здоров'я, що зменшує силу опору організму захворюванням, погіршує якість життя, знижує соціальну та економічну продуктивність, підвищує ризик захворюваності на серцево-судинні, онкологічними, аутоімунними, інфекційними та іншими захворюваннями. Оптимальна концентрація Se, що досягається за допомогою збалансованого живлення або, у разі його нестачі в організмі, прийомом харчових добавок, може бути гарною передумовою не тільки для запобігання захворювань серцево-судинної системи, а також підтримання загального стану здоров'я.

1.8 Роль хрому в організмі людини

Природним джерелом хрому людини є рослини. Хром міститься в багатьох овочевих культурах (броколі, зелена квасоля), ягодах і фруктах, в деяких лікарських рослинах (сушениця болотна, меліса), а також у рибі, креветках, крабах, печінки, курячі яйця, пивні дріжджів і чорний перець. У харчових продуктах хром міститься у вигляді неорганічних солей, через це всмоктування даної речовини в організм відбувається через стінки кишечника і не перевищує 25% від загальної кількості, що надійшла з їжею [17].

В організмі людини міститься від 6 до 12 мг хрому. Значна кількість його сконцентрована в шкірі, а також у кістковій тканині та м'язах. З віком кількість хрому в організмі знижується. Один із біологічних ефектів хрому пов'язаний з його впливом на так званий фактор толерантності до глюкози, активність якого падає при нестачі хрому та відновлюється після ліквідації дефіциту даної речовини в організмі. Синдром порушення толерантності до

глюкози супроводжує цукровий діабет і проявляється у вигляді гіперглікемії та глюкозурії на фоні дефіциту хрому. Спостерігається зниження поглинання глюкози кришталиком ока, утилізації глюкози для ліпогенезу, підвищення вироблення CO₂ та зниження синтезу глікогену з глюкози. Всі ці порушення усуваються введенням хрому та інсуліну. Є дані, що свідчать про те, що хром посилює дію інсуліну у периферичних клітинах.

Хром здатний впливати на гомеостаз сироваткового холестеролу та запобігати тенденції до його зростання зі збільшенням віку. При дефіциті хрому у тварин порушується здатність включення амінокислот гліцину, серину, метіоніну та аміно-ізомаляної кислоти в серцевий м'яз. На обмін інших амінокислот хром не впливає [2].

При вагітності спостерігається суттєве зниження концентрації хрому у волоссі та сечі. Рівень хрому у волоссі також знижений у недоношених дітей та перешкоджає повноцінному розвитку. Зниження вмісту хрому та посилення його екскреції із сечею відмічено при підвищених фізичних навантаженнях у спортсменів. Показником забезпеченості організму людини є добове виведення хрому із сечею (у нормі 5-10 мкг/добу) [9].

В організм сполуки хрому надходять із їжею, водою та повітрям. Всмоктування хрому відбувається переважно в тонкій кишці, при цьому незасвоєний хром виводиться із калом. У тканинах органів вміст хрому в десятки разів вищий, ніж у крові. Найбільша кількість хрому присутня у печінці (0,2 мкг/кг) та нирках (0,6 мкг/кг), кишечнику, щитовидній залозі, хрящовій та кістковій тканині, у легенях (у разі надходження сполук хрому з повітрям). Засвоєний хром виводиться з організму головним чином через нирки (80%) та меншою мірою через легені, шкіру та кишечник (близько 19%) [3].

Потреба людського організму у хромі становить 50-200 мкг на добу. Біозасвоюваність хрому з неорганічних сполук у шлунково-кишковому тракті невисока, всього 0,5-1%, проте вона зростає до 20-25% при надходженні хрому у вигляді комплексних сполук (піколінати, аспарагінати).

Шестивалентний хром засвоюється в 3-5 разів краще ніж тривалентний. У легенях осідає до 70% хрому, що надійшов [4].

Вважається, що оптимальна інтенсивність надходження хрому в організм 50-200 мкг/добу. Дефіцит хрому в організмі може розвинутих при недостатньому надходженні цього елемента (20 мкг/добу і менше). Поріг токсичності хрому становить 5 мг/добу [4].

Хром – життєво - важливий мікроелемент, який є постійною складовою клітин всіх органів і тканин. Перелічимо основні функції хрому в організмі:

- хром бере участь у регуляції синтезу жирів та обміну вуглеводів, сприяє перетворенню надлишкової кількості вуглеводів у жири;
- Входить до складу низькомолекулярного органічного комплексу - фактора толерантності до глюкози, що забезпечує підтримання нормального рівня глюкози у крові;
- Разом з інсуліном діє як регулятор рівня цукру в крові, забезпечує нормальну активність інсуліну;
- сприяє структурній цілісності молекул нуклеїнових кислот;
- бере участь у регуляції роботи серцевого м'яза та функціонуванні кровоносних судин;
- сприяє виведенню з організму токсинів, солей важких металів, радіонуклідів.

Токсична доза людини: 200 мг. Літальна доза для людини: понад 3,0 г

Знижений вміст хрому в організмі. Причини дефіциту хрому полягають у недостатньому надходженні ззовні; порушення регуляції обміну; підвищену витрату (наприклад, у період вагітності); посиленому виведенні хрому з організму, в умовах підвищеного вмісту в їжі вуглеводів (надлишкове споживання білого хліба, солодоців, макаронних виробів); збільшення виведення хрому із сечею внаслідок підвищених фізичних навантажень.

Основні прояви дефіциту хрому: стомлюваність, неспокій, безсоння, головний біль; невралгії та знижені чутливості кінцівок; порушення м'язової координації, тремтіння в кінцівках; підвищення рівня холестерину та тригліцеридів у крові; розвиток атеросклерозу; зміни маси тіла (Схуднення, ожиріння); зниження толерантності до глюкози, особливо в осіб середнього та похилого віку; зміни рівня глюкози в крові (гіперглікемія, гіпоглікемія); збільшення ризику розвитку цукрового діабету; збільшення ризику розвитку ішемічної хвороби серця; порушення репродуктивної функції у чоловіків.

Підвищений вміст хрому в організмі може стати небезпечним токсикантом. Сполуки хрому токсичні для людини. Шестивалентний хром є канцерогеном I класу небезпеки. Пухлини легень утворюються після тривалого (15-20 років) контакту із підвищеними концентраціями хроматів (Cr⁶⁺).

Причини надлишку хрому: надлишкове надходження ззовні (підвищена концентрація в повітрі, надлишковий прийом з біодобавками, що містять хром, посилене всмоктування при нестачі цинку і заліза); порушення регуляції обміну хрому.

Основні прояви надлишку хрому:

- запальні захворювання з тенденцією до виразки слизових оболонок (перфорація носової перегородки);
- алергізуючу дію;
- дерматити та екземи;
- астматичний бронхіт;
- бронхіальна астма;
- астено-невротичні розлади;
- збільшення ризику онкологічних захворювань.

Як дефіцит, так і надлишок хрому в організмі здатний призвести до істотного порушення здоров'я людини.

При недостатньому надходженні хрому в організм необхідно збільшити в раціоні кількість продуктів із підвищеним вмістом хрому. До таких продуктів слід віднести буряк, редис, картопля, капусту, томати, вишню, яблука, сливи, виноград, чорницю, яловичу печінку, рибу та яйця.

При інтоксикації хромом необхідно припинити його надходження в організм із джерела забруднення та провести симптоматичне лікування. Можливо застосування хелатуючої терапії (димеркаптопропансульфонат з аскорбіною кислотою). При контакті із солями хрому рекомендується миття в душі із розчином Ca, Na₂.

1.9 Біологічна роль марганцю

Марганець – це мікроелемент, безумовно необхідний для нормального функціонування людського організму. В організмі дорослої людини міститься в середньому 12 мг марганцю. Добова потреба складає 0,2–0,3 мг/кг маси тіла для дитячого організму та 0,1 мг/кг для дорослого в день. Марганець необхідний для нормального засвоєння вітаміну В1 (тіаміну) та функціонування вітаміну К. Марганець також бере участь в обміні аскорбінової кислоти [2]. Доведена його біологічна роль в енергетичному обміні, процесах формування та росту кісток, кровотворення та згортання крові. Роль марганцю в макромолекулярному обміні важко переоцінити – він бере участь в імунній відповіді, підтриманні гомеостазу глюкози, аденозинтрифосфату [21]. В біологічних системах манган зазвичай присутній у вигляді катіону Mn²⁺ або його комплексних сполук з амінокислотами, білками та нуклеїновими кислотами [1]. Манган всмоктується у кров в основному в тонкій кишці, тоді з кровотоком потрапляє до печінки та інших органів. Виділення марганцю відбувається в складі сечі, жовчі, молока (у самок) та еякуляту (самців) [3]. Основними місцями локалізації марганцю є кістки (43 %) [6], печінка, нирки, гіпофіз та підшлункова залоза [13]. Марганець життєво важливий для функціонування головного мозку; для нього характерний гетерогенний розподіл [5]. Найвища концентрація

марганцю в блідій кулі, хвостатому ядрі та шкаралупі; менша кількість марганцю у ділянках кори [4, 26]. Багатими на марганець є клітини із великою кількістю мітохондрій та меланіну. Найважливіші функції марганцю в людському організмі – регуляція секреції гормонів, зокрема підсилення продукції інсуліну, забезпечення функціонування нервової системи, участь в метаболізмі жирів та вуглеводів. Марганець регулює репродуктивну діяльність, сприятливо впливає на сполучну, кісткову та м'язову тканини, необхідний для формування шкірного пігменту, а також сприяє регенеративним процесам, підсилюючи дію кровотворних ферментів [1]. Марганець виступає кофактором для низки ферментів: аргінази, фосфатази, холінестерази, піруваткарбоксілази, Mn^{2+} -залежної супероксиддисмутази. Манган володіє ліпотропними властивостями, стимулюючи синтез жирних кислот та холестерину [24]. Манган – мікроелемент, що бере активну участь у тканинному диханні та окисно-відновних процесах, зокрема регулює баланс $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}$. Оскільки марганець впливає на активність ферментів антиоксидантної системи, порушення вмісту марганцю може викликати оксидативний стрес [2]. Марганець необхідний для енергетичного обміну, входячи до складу комплексних йонів $[MnATP]^{2-}$ [1]. Ще однією важливою функцією мангану (зокрема у вигляді Mn^{2+}) є стабілізація структури нуклеїнових кислот [5].

Давно відомо, що високі дози марганцю мають нейротоксичний ефект. Джон Купер (1937 рік) був першим, хто опублікував у науковій літературі відомості про дозозалежний негативний вплив марганцю. Серед симптомів згадувалася м'язова слабкість, тремор кінцівок, парестезія, зниження пам'яті, посилене слиновиділення, шепчуча мова та згорбленість в робітників, які працювали на дробильних установках марганцевих руд у Франції. Цю хворобу Купер назвав “симптомом марганцевої дробарки” (symptoms “manganese crusher’s disease”), перейменовану згодом в манганізм. Таким чином було встановлено, що хронічне вдихання високих доз марганцю індукує нейродегенеративне паркінсоноподібне порушення, що

характеризується аномаліями центральної нервової системи та нервово-психологічними порушеннями [14]. Марганець в основному накопичується в клітинах та міжклітинних елементах. Саме тому в крові концентрація марганцю не завжди точно відображає концентрацію в тканині-мішені, особливо в головному мозку. Така розбіжність між концентраціями марганцю означає, що кров є поганим біомаркером токсичності марганцю за різних умов [12].

Для групових порівнянь дослідження вмісту марганцю в крові має деяку цінність, однак висока мінливість середніх значень робить його нечутливим для розрізнення особин популяції. Введення марганцю змінює гомеостаз йонів Fe. Відношення Mn/Fe (так званий показник MIR) у плазмі або еритроцитах відображає не тільки усталені концентрації йонів у піддослідних, а й біологічну реакцію (змінений гомеостаз йонів Fe) у відповідь на вплив високих доз марганцю [19, 27].

Найбільш чутливим органом до дії високих доз марганцю є головний мозок. Встановлено, що за дії високих доз мангану в організмі людини виникає цілий спектр нейроповедінкових та нейрофізіологічних ефектів, у тому числі субклінічні та клінічні симптоми, пов'язані з токсичністю марганцю [32]. Крім того, низка дослідників повідомляє про несприятливі гематологічні, ендокринні та репродуктивні (у чоловіків) ефекти високих доз мангану [14, 27, 28].

На сьогодні достеменно відомо, що отруєння марганцем індукує неврологічний синдром, схожий до ідіопатичної хвороби Паркінсона. Однак є відомості, що при високих концентраціях марганцю пошкоджуються інші ділянки мозку, ніж при паркінсонізмі [34] і механізм виникнення цих двох нейродегенеративних порушень суттєво відрізняється. Схожість між клінічними проявами хвороби Паркінсона та манганізмі полягає в узагальненій брадикінезії та ригідності м'язів, а відмінності включають тремор меншої частоти та амплітуди, частішу симетричну дистонію, характерну "півнячу ходу" при манганізмі [17]. Подібність між двома

розладами можна частково пояснити тим фактом, що базальні ганглії, які ушкоджені при паркінсонізмі, здатні акумулювати при отруєнні більше марганцю, ніж інші ділянки головного мозку [21]. Власне хвороба Паркінсона перш за все пов'язана з втратою дофамінергічних нейронів у чорній субстанції, що індукує надмірну активацію хвостатого ядра і шкаралупи та, ймовірно, викликає безперервне надходження сигналів збудження до кортикоспинальної рухової системи [25]. Разом з тим, отруєння марганцем зазвичай асоційоване зі структурними порушеннями, а також порушеннями передачі імпульсів у блідій кулі, смугастому тілі та чорній субстанції [31]. Першим кроком у розумінні нейротоксичної ролі марганцю є визначення умов впливу, які призводять до підвищення концентрації металу в межах центральної нервової системи [31]. Однак більшість тваринних моделей недостатньо точні для оцінки неврологічних ефектів, які спостерігаються в людському організмі, що ускладнює дослідження механізмів “доза-ефект” [8].

Було здійснено низку систематичних спроб вивчити вплив марганцю на поведінку з використанням тваринних моделей, і більшість досліджень була зосереджена на оцінці власне нейротоксичних ефектів [30]. Клінічні неврологічні ефекти, що спостерігаються при отруєнні марганцем, досліджуються на приматах [33]. Однак часто в таких дослідженнях для чітко вираженого ефекту використовують надвисокі дози марганцю, що ускладнює екстраполяцію результатів на людину [31]. Досліджено декілька механізмів реалізації токсичної дії марганцю на клітинному рівні. Найвагомішими серед них є порушення мітохондрійного дихання, виникнення оксидативного стресу, порушення роботи дофамінергічного, глутаматергічного та ГАМК-ергічного синапсів [12].

Відомо, що Mn^{2+} використовує уніпортер кальцію для надходження в мітохондрії. У мітохондріях велика частина марганцю зв'язана з внутрішньою мітохондрійною мембраною або матричними білками [23]. Це дозволяє марганцю безпосередньо взаємодіяти з білками, що беруть участь в

окисному фосфорилуванні. У досліджах *in vitro* було показано здатність мангану пригнічувати синтез АТФ [24], зокрема шляхом пригнічення функції F1АТФ-ази [23], а при вищих концентраціях – пригнічуючи функціонування мітохондрійного комплексу I. Тривалентний марганець сильніше інгібує мітохондрійний комплекс I та ефективніше окиснює внутрішньоклітинні субстрати типу дофаміну [26]. Однак власне двовалентний марганець краще засвоюється і більше накопичується в тканинах [24]. Також описана можлива роль марганцю у пригніченні АТФ-залежних кальцієвих хвиль в астроцитах [29]. Генерація активних форм кисню тісно пов'язана із мітохондрійною діяльністю. Існує низка доказів, що підтверджує роль активних форм кисню в розвитку магнійіндукованої нейротоксичності [8, 12, 21]. Наприклад, у щурів, які протягом 7 днів через шлунковий зонд отримували манган, у смугастому тілі зафіксовано збільшення концентрації аскорбінової кислоти та відновленого глутатіону, а це, як відомо, є маркером підвищеної продукції активних форм кисню.

Внутрішньоклітинні наслідки Mn-індукованого оксидативного стресу стають зрозумілішими при дослідженні механізмів нейротоксичності. Дослідження показали, що в дофамінергічних клітинах манган сприяє апоптозу за допомогою каспаз-3-залежної активації протеїнкінази С-дельта; таким чином, марганецьопосередкована нейротоксичність в основному реалізується через активацію окиснювального стресу та апоптозу [37]. Низка провідних наукових груп намагалася дослідити механізми порушень моторної функції, схожих до ідіопатичної хвороби Паркінсона. Однак оскільки в осіб із манганізмом часто присутні рухові симптоми, такі, як кінетичний тремор та дистонія, які зазвичай не пов'язані з паркінсонізмом, а також немає реакції на леводопу, вважається, що марганецьіндукована нейротоксичність включає патологічні механізми, відмінні від тих, що реалізуються при хворобі Паркінсона [18]. Наявні дані аутопсії людини показують, що при манганізмі не спостерігається деградація смугастого тіла

та чорної субстанції, однак під впливом марганцю спостерігається дисфункція дофамінових нейронів [36].

Існує думка, що надлишок марганцю здатний порушувати регуляцію збудження глутаматергічного синапсу. Було зареєстровано підвищення рівня глутамату в мозку гризунів за введення марганцю [35]. Однак при введенні різних доз марганцю (а також використання різних способів введення) можна спостерігати як підвищення рівня глутамату в одних ділянках (лобова кора), так і зниження в інших (бліда куля) [38]. Загалом, слід відмітити, що особливо чутливими до дії високих доз марганцю є гліальні клітини.

Марганець є життєво важливим мікроелементом, який виконує багато функцій на макромолекулярному рівні, а також безумовно необхідний для підтримання гомеостазу. Надлишок марганцю має чітко виражену токсичність. За інтоксикації марганцем негативні зміни спостерігаються у нервовій, імунній, гормональній системах; є порушення метаболізму вуглеводів, жирів та гомеостазу. За дії високих доз марганцю спостерігається гепатотоксичність та розвивається оксидативний стрес. Проблема токсичності марганцю у вигляді йонів та наночастинок є гострою та потребує більш детальнішого вивчення.

1.10 Поняття харчування, недостатність нутрієнтів

Поняття «стан харчування» об'єднує в собі сукупність всіх процесів забезпечення організму людини необхідними поживними речовинами. Для опису цих процесів в літературі останніх років використовується різна термінологія (статус харчування, трофологічний, аліментарний, харчовий, нутріціонний, метаболічний статус). Ці терміни трактують забезпеченість організму їжею, процес споживання їжі і стан організму, пов'язаний з харчуванням. Відзначено, що комплексний підхід в оцінці стану харчування передбачає вивчення сукупності всіх метаболічних процесів організму, що забезпечують адекватне функціонування його структур, що в тому числі

визначається і віком, причому найбільш значні зміни, викликані харчуванням, в організмі людини мають місце в дитячому віці [16,18].

Організм дітей і підлітків знаходиться в процесі зростання і розвитку, через це він особливо пластичний, і в більшій мірі, ніж дорослий організм, схильний до впливу різних чинників навколишнього середовища. При цьому характерно, що вплив зовнішніх факторів на функціональний стан дитячого організму не обмежується моментом впливу, але в значній мірі позначається на подальшому ході його розвитку і формуванні. Однією з умов підвищення витривалості організму є своєчасне, повноцінне і раціональне харчування балансу харчових речовин в структурі харчування дітей і підлітків робить негативний вплив на їх здоров'я [11].

Для забезпечення належної інтенсивності метаболічних процесів і оптимального структурно-функціонального стану організму, а також його гомеостазу необхідне надходження, поряд з водою, 17 неорганічних та 28 органічних груп речовин. Рекомендовані середні норми добової потреби дорослої людини розраховані таким чином, щоб забезпечити підтримання сталості хімічного складу, морфологічної структури і фізіологічних функцій організму, а також попередити виникнення клінічних або лабораторних ознак їх дефіциту. Організм людини не синтезує багато з необхідних йому речовин і повинен отримувати їх в готовому вигляді з їжею, причому в повному наборі і кількостях, відповідних фізіологічним потребам людини.

До числа найбільш значущих для живого організму речовин відносяться білки, жири і вуглеводи. Це підтверджується тією обставиною, що певну їх кількість не може бути заміщене ніякими іншими харчовими речовинами [5, 15, 17].

Особливе значення для життєдіяльності організму мають білки. Без цих органічних сполук неможливе зростання та розвитку організму загалом. Білки входять до складу ядер, протоплазми та мембран клітин всіх органів і тканин, виконуючи свою основну функцію, пластичну. Білки являють собою високомолекулярні сполуки, мономерами яких служать амінокислоти. Роль

білків в життєдіяльності організму виключно велика і різноманітна. Білки грають центральну роль в процесах життєдіяльності клітин і в формуванні клітинних структур. З білками пов'язано здійснення основних проявів життя – здатності до зростання і розмноження, травлення, подразливості, скоротливості і, мабуть, вищої форми руху живої матерії – мислення.

При нестачі білка в організмі порушуються процеси травлення, утворення крові (кровотворення), діяльність ендокринних залоз, нервової системи. Зменшується маса м'язів. Нестача білка в харчовому раціоні веде до зниження працездатності та послаблення розумової діяльності. Зниження працездатності людини може бути також пов'язано і з порушенням принципів раціонального харчування та при виникненні різних захворювань, що порушують процеси травлення та всмоктування білків та амінокислот, а також обмін білків в організмі.

Білки в організмі людини виконують життєво важливі функції. Білки беруть участь у процесах синтезу живої матерії. І головна роль тут відводиться білкам, здатним зв'язуватися з носіями генетичної інформації – нуклеїновими кислотами та утворюючим нуклеопротеїди. Білками є всі ферменти, що беруть участь в окисно-відновних процесах живі організми. Отже, білки мають каталітичну активність. Захисні властивості організму також пов'язані з цими органічними речовинами. Антитіла, що формуються у процесі проникнення в організм сторонніх речовин, є білками. Процеси коагуляції крові відбуваються за участю білків плазми. Виконання транспортної функції дозволяє білкам постачати тканини та органи киснем та поживними речовинами.

Жири – це великий клас досить різних за своєю хімічною будовою сполуки, загальними властивостями яких є їх нерозчинність у воді і хороша розчинність в органічних розчинниках. Вони є найважливішими компонентами, з яких формуються клітини і клітинні мембрани, які в свою чергу є тими структурними одиницями, з яких утворюються різні тканини і

органи людського організму. Разом з тим харчові жири відіграють велику роль в задоволенні потреб людини в енергії.

Жири та жирові продукти - один із важливих незамінних компонентів живлення, енергетичний та пластичний матеріал, джерело незамінних поліненасичених кислот, жиророзчинних вітамінів та інших біологічно активних сполук. Фізіологічна роль жирів у харчуванні велика, а функції жирів в організмі різноманітні [56].

Жири в організмі відіграють роль резервного енергетичного матеріалу, що використовується при погіршенні харчування або захворювання. Кількість жиру в організмі людини по-різному і пов'язано з фізіологічними особливостями. Навіть за нормальної маси тіла запаси жиру становлять 7-9 кг. та можуть забезпечити енергетичні потреби людини при повному голодуванні майже протягом одного місяця [57]. Жири як структурні елементи тканин, що входять до складу клітинних оболонок та внутрішньоклітинних утворень. У нервовій тканині міститься до 25% жирів, у клітинних мембранах - До 40% [15]. Жири є джерелом синтезу стероїдних гормонів, які багато в чому забезпечують адаптацію організму до різних стресових ситуацій. Дуже важливою є транспортна функція жирів.

Ліпопротеїди (сполучення жирів з білками) є переносниками жиророзчинних вітамінів (А, Д, Е, К) в організмі, а також джерелами для синтезу простагландинів, тромбоксанів, лейкотрієнів та інших біологічно активних речовин [24, 25].

Жири беруть участь у процесах терморегуляції, захищаючи організм від переохолодження. Сприяють закріпленню у певному положенні внутрішніх органів (нирок, кишківника) і оберігають їх від усунення при струсах. Жири є джерелами ендогенної води в організмі – при окисненні 100 г жиру утворюється 107 см³ води [16].

Обмеження жирів у раціоні, як і надлишок, негативно позначається на нормальному функціонуванні метаболічних систем організму, призводить до специфічних захворювань.

Тривале обмеження жирів у харчуванні призводить до відхилень у фізичному стані організму: погіршується перебіг всіх видів обмінних процесів, затримується ріст та розвиток організму, порушується діяльність центральної нервової системи, що знижується імунітет, а, отже, і стійкість до інфекційних захворювань, скорочується тривалість життя.

При надлишку жирів у раціоні харчування знижується секреторна діяльність шлунково-кишкового тракту, виникає розлад обмінних процесів, що супроводжується підвищеним виділенням солей кальцію та магнію, відкладенням жиру в організмі, що призводить до ожиріння [19].

Крім того, при надмірному споживанні жирів відбувається їх накопичення в крові, печінці та інших органах та тканинах. Кров стає в'язкою, що повертає до розвитку атеросклерозу.

Вуглеводи є органічні сполуки, які поділяються на моносахариди, олігосахариди і полісахариди. Вуглеводи їжі грають важливу метаболічну роль, будучи попередниками глікогену і тригацилгліцеролів, джерелом вуглецевого скелету замісних амінокислот, беручи участь в побудові коферментів, нуклеїнових кислот, АТФ та інших біологічно важливих сполук. Вуглеводи слугують найважливішим джерелом енергії. Поряд з енергетичною функцією, вуглеводи харчових раціонів мають певне значення і для пластичного обміну організму, будучи необхідними компонентами клітинних мембран. Вони відіграють провідну роль в процесах клітинної рецепції гормонів і інших біологічно активних сполук і в міжклітинній взаємодії, що має істотне значення для нормального перебігу процесів: клітинного росту, диференціювання та імунітету [16].

У процесі засвоєння вуглеводи перетворюються на глюкозу, певний рівень якої у крові необхідний роботи організму. Надлишок глюкози перетворюється на глікоген, який запасється в печінці та м'язах і служить джерелом енергії між прийомами їжі, уві сні та при фізичному навантаженні.

Важливо, що організм не дуже ефективно зберігає енергію в такій формі, і запасів глікогену вистачає не більше ніж на 4-6 годин діяльності, після чого організм починає використовувати альтернативні джерела енергії. Вуглеводи забезпечують надходження «палива» для центральної нервової системи та енергії для роботи м'язів. Вони запобігають використанню білка як джерело енергії і уможливають жировий метаболізм. Крім того, вуглеводи мають важливе значення для функції мозку. Вони впливають на настрій, пам'ять, швидкість мислення та інші параметри. Значення рекомендованої норми вуглеводів ґрунтуються на їх кількості, необхідній саме для функціонування мозку.

Разом із вуглеводами, що входять до складу продуктів, в організм надходять вітаміни, мінерали (залізо, хром, магній, фосфор тощо) та антиоксиданти.

За хімічним складом вуглеводи ділять на дві основні групи: прості та складні цукри. З погляду засвоюваності людським організмом, вуглеводи бувають засвоюваними і незасвоюваними.

Прості вуглеводи (прості сахариди) - кінцевий продукт, який не потребує додаткового розщеплення, засвоюється організмом практично повністю. Прості вуглеводи:

— Глюкоза (виноградний цукор, декстроза).

Зустрічається в соку багатьох фруктів і ягід, меду, деяких овочах (гарбуз, морква, білокачанна капуста). Глюкоза вдвічі менш солодка, ніж сахароза.

— Фруктоза (фруктовий цукор).

Цукор, що міститься у меді та фруктах (особливо багато – у винограді). Фруктоза є одним із найсолодших вуглеводів. Цей моносахарид додають у велику кількість перероблених продуктів та напівфабрикатів.

— Галактоза.

Міститься у молоці. Як підсолоджувач галактозу застосовують рідко, так як в ній на дві третини менше солодощі, ніж у звичайному цукрі.

— Сахароза.

Найбільш поширений дисахарид, звичайний харчовий цукор. Сахароза виробляється з цукрової тростини та цукрових буряків.

— Мальтоза (солодовий цукор).

Міститься у великих кількостях у пророслих зернах (солоді) ячменю, жита та інших зернових; виявлений також у помідорах, у пилку та нектарі ряду рослин.

— Лактоза (молочний цукор).

Складні вуглеводи (полісахариди) – це складні сполуки великої кількості моносахаридів. Їх ділять на дві групи:

1. Засвоювані полісахариди – крохмаль та глікоген – розщеплюються ферментами організму. Крохмаль є у всіх продуктах рослинного походження, але його кількість варіюється. Найбільша кількість крохмалю міститься у виробах із пшеничного борошна (макарони, хліб), крупах, картоплі та бобових.

2. Незасвоювані полісахариди, які також узагальнено називають клітковиною (харчові волокна), не переробляються організмом. Основним джерелом таких полісахарид є продукти рослинного походження.

Поряд з білками, жирами і вуглеводами життєво важливими компонентами їжі людини є мінеральні речовини, необхідні для побудови хімічних структур живих тканин і здійснення найважливіших біохімічних і фізіологічних процесів, що лежать в основі життєдіяльності організму.

В останні роки отримані нові дані про біологічну роль багатьох мікронутрієнтів, що дозволило обґрунтувати необхідність значного розширення списку якщо не есенційних, то бажаних факторів їжі за рахунок так званих не харчових, міnorних біологічно активних компонентів їжі: біофлавоноїдів, індолів, фітостеролів, ізотіоціанатів та ін. Якщо для макро- і мікронутрієнтів з достатнім ступенем надійності встановлені величини фізіологічних потреб для різних груп населення, і в даний час дослідження спрямовані тільки на їх уточнення в плані обліку додаткових їх витрат на

забезпечення адаптивних реакцій по відношенню до фізичних, хімічних, емоційних і іншим навантажень, то щодо регуляції надходження мінорних біологічно активних компонентів їжі сьогодні ми можемо орієнтуватися тільки на розрахункові рівні їх змісту в «сприятливих раціонах», визначених епідеміологічними дослідженнями [2–4, 8, 12]

Аналіз фактичного харчування і оцінка харчового статусу населення в різних регіонах свідчать про те, що раціон харчування населення характеризується надмірним споживанням жирів тваринного походження і легкозасвоюваних вуглеводів, і в той же час для більшості населення раціон харчування дефіцитний щодо поліненасичених жирних кислот (омега-3 і омега-6), розчинних і нерозчинних харчових волокон (пектин, камеді, слизу, целюлоза і ін.), вітамінів (групи В, Е та ін.), широкого спектру вітаміноподібних речовин природного походження (L-карнітин, убіхінон, холін та ін.), макроелементів (Са і ін.), мікроелементів (йод, залізо, селен, цинк і ін.).

Поняття «недостатність харчування» з'явилося в медицині в 30-і роки ХХ століття. Синдром недостатності харчування може розвиватися при дефіциті в організмі будь-якого з незамінних поживних речовин. Більшість авторів вважають, що недостатність харчування – це стан харчування, при якому дисбаланс енергії, білка та інших нутрієнтів викликає визначальний негативний вплив на склад середовищ організму, його функціонування і клінічний результат [3, 6, 17].

Слід визнати, що основні патофізіологічні механізми недостатності харчування досить добре вивчені (див. табл. 1.3.1).

Таблиця 1.3.1 – Основні патофізіологічні механізми недостатності харчування [35].

Механізм розвитку	Клінічні приклади
1	2
1.Порушення прийому їжі	Нездатність регулювати споживання нутрієнтів: - втрата свідомості;
	-порушення ковтання і жування; - нестримне блювання; - обструкції шлунково-кишкового тракту; - нервова анорексія.
2.Порушення травлення (мальдігестія)	Нездатність розщеплювати нутрієнти на абсорбуючі частинки: - ферментна недостатність; - панкреатити; - гастректомія; - резекції тонкої кишки; - бiliarна недостатність – нервова анорексія.
3.Порушення всмоктування (мальабсорбція)	Нездатність асимілювати розщеплені нутрієнти: - ентерити, хвороба Крона; - синдром «короткої кишки»; - фістули кишечника.
4.Порушення обміну речовин (метаболізм)	Нездатність утилізувати асимільовані нутрієнти: - вроджені порушення метаболізму; - взаємодія нутрієнтів і медикаментів; - гіперметаболітичний стан (опіки, сепсис, політравма та ін.).

Найчастіше спостерігається білкова або білково-енергетична недостатність харчування. Як правило, при вираженій білково енергетичній недостатності відзначаються ознаки дефіциту тих чи інших вітамінів, макро- і мікроелементів. При хронічному дефіциті, який тривалий час розвивається від недостатності харчування діагностується аліментарний маразм (кахексія). До останнього часу не існувало загальноприйнятого терміну для позначення станів недостатнього харчування. Найбільш часто використовувалося назву «аліментарна дистрофія». З введенням в практику міжнародній класифікації хвороб і причин смерті 10-го перегляду офіційно прийнятим є термін білково-енергетична недостатність. Основною клінічною ознакою легкої і помірної білково-енергетичної недостатності є втрата маси тіла, а також зменшення підшкірно-жирової клітковини. Вторинні зміни з боку органів і систем, порушення імунної функції зазвичай не виражені і незначні як клінічно, так і прогностично. При розвитку важкої білково-енергетичної недостатності виділяються три її форми: аліментарний маразм, квашиоркор, маразм-квашиоркор. Маразм є стан енергетичного дефіциту або поєднання енергетичного дефіциту із зменшенням периферичних запасів білків [11].

Поняття білково-енергетичної недостатності (БЕН) включає в себе кількісне і якісне недоїдання. Гострі і хронічні захворювання формують БЕН по типу гіпотрофії, а також такий вид БЕН, при якому немає зниження маси тіла, але є гіпопротеїнемія і імунодефіцит, тобто БЕН по типу «квашиоркор» [12].

Порушення раціонального харчування іноді проявляється в вживанні зайвої кількості їжі, що на тлі незбалансованості за основними харчовими компонентами і переважанням придбаних з їжею калорій над енерговитратами призводить до ожиріння. У той же час інша форма порушення раціонального харчування полягає в систематичному недоїданні, що може призводити до дистрофії і виснаження. Відомо, що при вираженій БЕН, як правило, відзначаються ознаки дефіциту тих чи інших мікронутрієнтів (вітаміни, макроелементи, мікроелементи). Тим часом

відомо, що синдром недостатності харчування може розвиватись при дефіциті в організмі будь-якого з незамінних (есенційних) харчових чинників, якими є незамінні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни, макро- і мікроелементи. Наявність захворювань, розвиток яких пов'язаний з дефіцитом вітамінів, макро- і мікронутрієнтів, свідчить про взаємозв'язок між дефіцитом есенційних нутрієнтів в організмі і розвитком різних патологічних станів [10, 17, 19, 24]. Як впливає з наявних літературних даних, організм людини здатний компенсувати недолік окремих речовин за рахунок інших обмінів.

1.11 Взаємодія різних видів обміну

Відомо, що обміни окремих речовин взаємозв'язані в живому організмі. Так, вуглеводи можуть перетворюватися в жири. Формування жиру, так само як покриття енергетичних витрат організму, можливо і за рахунок розщеплення білків. У ланцюзі різних хімічних процесів, що відбуваються в клітині, ланки цього ланцюга одне за іншим забезпечують нормальний перебіг обміну речовин і енергії. Відомі багато деталей взаємодії вуглеводного і ліпідного обміну в різних тканинах. В умовах оптимального харчування легко протікає процес перетворення глюкози в жир. Жир, за винятком гліцерольного фрагмента, не може перетворюватися в глюкозу. З огляду на взаємозв'язок та взаємодію всіх метаболічних процесів в організмі, для найбільш повної оцінки стану харчування додатково проводять дослідження по виявленню дефіцитів, в першу чергу, есенційних (незамінних) нутрієнтів, що відображають стан ліпідного, вуглеводного, мінерального і вітамінного обмінів [13, 24].

Частина харчових білків окислюється в організмі особливо інтенсивно при голодуванні, а також відносному дефіциті в раціоні вуглеводів і жирів [10].

Як показали дослідження, за деяким винятком, жири, вуглеводи і білки дійсно здатні заміщати один одного і того ж в таких кількостях, які

відповідають однаковим кількостей енергії. Цей факт носить назву «закону ізодинамії».

Крім взаємодії між органічними речовинами в літературі досить добре описані питання взаємодії мінеральних речовин з різними видами обміну.

Мінеральні речовини необхідні для підтримки кислотно лужної рівноваги в організмі, створення певної концентрації іонів водню в тканинах і клітинах, міжтканинних і міжклітинних рідинах, а також для додання їм осмотичних властивостей, що забезпечують нормальний перебіг обміну речовин. Поруч з цим дослідниками було доведена функціональний зв'язок деяких мінеральних речовин з різними видами обміну.

Велике значення мають мінеральні речовини в утворенні білка. У свою чергу, без білкових транспортних систем неможливий обмін мінеральних речовин. Білки здатні транспортувати залізо, кобальт, цинк, алюміній, галій та багато інших. Взаємодія між обміном білка і мінеральними речовинами – складна і відзначається на всіх етапах обміну. Визначною мірою зв'язок обміну органічних і мінеральних речовин в організмі пояснюється механізмами регуляції метаболізму останніх. Так, наявність механізмів металолігандного гомеостазу, основними ланками якого є всмоктування, розподіл, транспорт, депонування і елімінація, багато в чому обумовлено діяльністю нервової, ендокринної та імунної систем, активним початком яких є білкові системи [14]. Формування комплексів мінеральних і органічних речовин в організмі є однією з найбільш характерних рис метаболізму.

Біокомплексні з'єднання значно розрізняються по стійкості. Одні з них настільки міцні, що постійно знаходяться в організмі і виконують певну функцію. Роль металу в таких комплексах високоспецифічні: заміна його навіть на близькі за властивостями елементи призводить до значної або повної втрати фізіологічної активності. Прикладом таких сполук є деякі металоферменти, наприклад, цитохроми.

В організмі присутні і менш міцні комплекси, які утворюються тільки для виконання певних функцій, після чого розпадаються: наприклад,

утворення між іоном металу і ферментом комплексного з'єднання на період здійснення каталізу. Більшість таких ферментів мають каталітичну активність, але без іона металу вона буде нижче [8]. Іони металів виконують функцію активаторів. Специфічність металів в цих комплексах не виражена. Він може бути замінений на інший метал без втрати фізіологічної активності. Показано, що особливе місце займають дисоціюючі металоферменти. Іони металів в цих комплексах виконують функції кофактора. Наприклад, карбоксипептидаза за відсутності іона металу неактивна. Максимальна активність – в присутності іона цинку. В живих організмах діє велика кількість ферментів, до складу яких входять іони металів, які виконують такі функції:

1) вони є електрофільною групою активного центру ферменту і полегшують взаємодію з негативно зарядженими ділянками молекул субстрату;

2) іон металу формує каталітично активну конформацію структури ферменту;

3) в ряді випадків іони металу, які можуть перебувати в змінних ступенях окислення, беруть участь в транспорті електронів (багатоядерні комплекси).

Понад 25 % всіх ферментів містять міцно пов'язані іони металів або активні тільки в їх присутності. Металоферменти містять певну кількість іонів металів, що мають функціональне значення і залишаються зв'язаними з молекулою ферменту в ході його очищення. Ферменти, що активуються металами, зв'язують останні менш міцно, але для своєї активності вимагають додавання металів в середовище. Таким чином, розмежування між металоферментами і ферментами, які активуються металами, засноване на спорідненості даного ферменту до іона «всього» металу. Механізми, засновані на участі іонів металів в каталізі, в обох випадках, подібні.

Іони металів можуть брати участь в кожному з чотирьох відомих типів механізмів, за допомогою яких ферменти прискорюють хімічні реакції [15]:

- 1) загальний кислотно-основний каталіз;
- 2) ковалентний каталіз;
- 3) зближення реагентів;
- 4) індукція напруги у ферменті або субстраті.

Крім іонів заліза, які функціонують в гемвісних білках, у ферментативному каталізі найчастіше беруть участь Mg^{2+} , Mn^{2+} і Ca^{2+} , хоча в роботі деяких ферментів важливу роль відіграють і інші іони (наприклад K^+).

Іони металів, як і протони, є кислотами Льюїса (електрофілами) і можуть утворювати зі своїми лігандами δ -зв'язок за рахунок поділеної електронної пари. Іони металів можна розглядати також як «суперкислоти», оскільки вони стійкі в нейтральному розчині, часто несуть позитивний заряд (>1) і здатні до утворення π -зв'язків. Крім того (на відміну від протонів), метали можуть служити тривимірною матрицею, яка орієнтує основні групи ферменту або субстрату.

Іони металів можуть функціонувати як акцептори електронів з освітою δ - або π -зв'язків, активуючи електрофіли або нуклеофіли (загальний кислотно-основний каталіз). Метали можуть активувати нуклеофіли, віддаючи електрони, або ж самі діяти як нуклеофіли. Координаційна сфера металу може забезпечувати контактування ферменту і субстрату (зближення), або шляхом утворення хелатів переводити фермент або субстрат в напружений стан [16]. Іон металу може маскувати нуклеофіл, запобігаючи побічні реакції. Нарешті, можливий стереохімічний контроль ходу ферментативної реакції, який забезпечується здатністю координаційної сфери металу грати роль тривимірної матриці, що утримує реагуючі групи в потрібній просторовій орієнтації.

Значимість окремих мікроелементів в життєдіяльності організму і зв'язку даних речовин з обмінами інших органічних компонентів тканин можна показати на прикладі цинку як компонента металоферментів. В організмі людини цинк виконує найрізноманітніші функції, однією з яких є вплив на активність більш ніж 300 ферментів (металопротеїназ).

Багатьма авторами відзначена роль цинку в утворенні безлічі внутрішньоклітинних ферментів. Найбільш високі концентрації цинку були виявлені в моноцитах і макрофагах [20].

Таким чином, есенційні хімічні елементи беруть участь у всіх найважливіших фізіологічних і біохімічних процесах організму: в реакціях енергетичного обміну, внутрішньоклітинних окисних процесах, в підтримці осмотичних властивостей клітин і плазми, у формуванні імунітету, участі в пластичних процесах тощо. Наслідком дефіциту незамінних нутрієнтів є ферментативна і гормональна недостатність, зниження імунітету і адаптаційних резервів організму.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставленого завдання проведено обстеження 60 осіб, які були розділені на 2 вікові групи: 20-45 років та 46-65 років ($n = 40$). Для проведення оцінки надходження в організм білка і енергії, нами застосована розрахункова методика, з використанням методу аналізу частоти споживання їжі [51] та з використанням бази даних хімічного складу продуктів харчування [35]. Розрахунок споживання білка і енергії проводився відповідно до рекомендованих «Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовин і енергії», які затверджені наказом МОЗ України від 03.09.2017 року № 1073 [38].

Визначення нутрієнтного статусу населення дуже важливе з багатьох аспектів клінічного і фізіологічного стану населення. Методи, які використовуються для збору інформації щодо адекватності харчування, різняться за часовим проміжком (від 24-годинного до тижневого), а також за типом та рівнем інформації, ступенем деталізації даних, яку вони дозволяють отримати. Розрізняють п'ять основних методів реєстрації споживання їжі: метод зважування споживаної їжі; метод оцінки випробуваним кількості споживаної їжі; метод харчового анамнезу (історія харчування); метод аналізу частоти споживання їжі та метод 24-годинного відтворення харчування.

Усі методи поділяють на ті, що реєструють безпосереднє споживання їжі і ставлять за мету збір первинної інформації про характер харчування за визначений період часу. Кожен з методів має свої переваги та недоліки використання й обмеження в застосуванні, а також враховує тип інформації, яку можна отримати для виконання завдання дослідження.

Для виконання завдань дослідної роботи нами був обраний метод аналізу частоти споживання їжі, який призначений для отримання даних про

звичайне харчування за тривалий період часу. Метод аналізу частоти споживання їжі дозволяє класифікувати досліджуваних за рівнем споживання їжі, окремих харчових речовин.

Принцип і практичне здійснення методу аналізу частоти споживання їжі. Метод оцінки частоти споживання дозволяє визначити, як часто споживається даний продукт за певний проміжок часу. Головне питання, яке ми вирішуємо при розробці методу аналізу частоти споживання, полягає в тому, які продукти або групи продуктів і страв необхідно включити в перелік питань. Вибір списку страв і продуктів залежить від мети і завдань нашого дослідження.

Залежно від мети дослідження до анкети включаються тільки ті страви або продукти, дослідження яких відповідає на питання, поставлені в задачах дослідження.

При розробці опитувальника частоти споживання необхідно визначити, скільки і які продукти включати в запитальник, щоб отримати відповідь на питання, поставлені в цілях і завданнях дослідження. Добре сконструйований запитальник дозволяє на основі отриманої інформації класифікувати людей на групи різної величини по споживання енергії або тих харчових речовин, споживання яких оцінюється з найбільш високою вірогідністю. З іншого боку, в запитальник слід включати ті продукти або блюда, які вносять найбільш істотний внесок у споживання тих харчових речовин, які цікавлять дослідника.

Опис або інструкція до запитальника повинні бути ясними і зрозумілими будь-якому респонденту. Він повинен легко зрозуміти правила, за якими слід вказувати частоту споживання і розмір порцій. необхідно визначити період часу, за який збирається інформація про частоту споживання.

Метод призначений для оцінки звичайного повсякденного споживання їжі. Він дозволяє також оцінити зміни в споживанні їжі за певний період часу, що відбулися в зв'язку з хворобою або іншими обставинами життя

респондента. За результатами, отриманими цим методом, представляється можливим класифікувати і ранжувати респондентів за рівнем їх звичного споживання індивідуальних продуктів або груп продуктів. А за умови кількісної оцінки розміру порцій споживаної їжі, представляється можливим ранжувати обстежуваних за рівнем споживання нутрієнтів.

Анкета аналізу частоти споживання їжі може бути підготовлений для сканування даних і прямого автоматичного введення в комп'ютер, що значно здешевлює метод і полегшує введення даних і їх подальшу обробку. Анкета з аналізу частоти споживання їжі може бути різного рівня складності.

В наших дослідженнях використовували анкету, що включає характеристику частоти споживання 67 видів продуктів і страв (див. додаток А). Результати, отримані за допомогою цього опитувальника, корелювали з багатоденним записом споживаної їжі іншими методами з коефіцієнтом кореляції для різних нутрієнтів 0,6-0,7. Метод аналізу частоти споживання є одним з найважливіших і перспективних методів для оцінки характеру харчування.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Білково-енергетичний статус різних вікових груп населення

В результаті наших досліджень нами був проведений аналіз фактичного харчування респондентів, що дозволив виявити ряд невідповідностей у споживанні білка і енергії з їжею. Оцінка складу середньозваженого раціону харчування обстежених осіб виявила різноманітність продуктів, загальний список яких включав понад 60 найменувань (див. додаток А). При цьому значно різнилися і якісні характеристики останніх. Так, співвідношення білка і енергії змінювалось в продуктах від 19,1 г на 100 ккал – для м'яса-яловичини до 0,08 г – для вершкового масла і відрізнявся в 238 разів.

З результатів наших досліджень, співвідношення білка і енергії в фактичних раціонах обстежених виявилось досить стабільною величиною (див. табл. 3.1.1).

Таблиця 3.1.1 – Білково-енергетичний коефіцієнт в раціоні харчування респондентів різних вікових груп

Віковий показник	білково-енергетичний коефіцієнт, г/ккал	
	Чоловіки	Жінки
20-45 років	3,63±0,09	3,24±0,06
46-65 років	3,21±0,07	3,12±0,06

Отримані результати дослідження не входять у протиріччя і з існуючою концепцією травлення. Навпаки, за А. А. Алієвим (1985) основне завдання, що вирішується травною системою, полягає в доведенні складу нутрієнтів їжі до оптимального для організму їх співвідношення, яке, по суті, і відповідає складу плазми крові. Оцінюючи розподіл сукупності в віковому аспекті, нами була виявлена добре виражена залежність співвідношення білка і

енергії в раціоні харчування від віку. Настільки висока стабільність показників може бути трактована фізіологічно обумовленим прагненням людини до певного співвідношення компонентів їжі. Аналогічні ефекти раніше вже були описані на моделі лабораторних тварин (щури) в експериментах з змінною концентрації енергії [45].

Важливість для організму підтримування певного співвідношення компонентів їжі може бути підтверджена результатами наших досліджень з оцінки елементного статусу осіб з різною біково-енергетичною забезпеченістю.

При розгляді індивідуальних раціонів харчування всі обстежені були розділені на групи за надходженням білка і енергії. У віковій групі 20-45 років даний розподіл виглядав наступним чином (табл. 3.1.2).

Таблиця 3.1.2 – Частка обстежених у віковій групі 20-45 років з різним споживанням білка і енергії, %

Споживання білка	Споживання енергії		
	Менше норми	норма	Більше норми
Більше норми	11	8	8
Норма	16	9	0
Менше норми	48	0	0

В даному розподілі не виявилось групи осіб, які споживають білок менше норми і енергію споживання більше норми так само, як і ті групи, що споживають білок менше норми і енергію у нормі. Найбільше число обстежених осіб формувало групу, що відрізняється споживанням білка у нормі і енергії менше норми і становило 48 %. Респондентів, які споживають оптимальну кількість білка і енергії, виявилось 9%, а споживаючих білка більше рекомендованої норми при нормальній енергетичній забезпеченості раціону виявилось 8 %.

В ході розгляду білково-енергетичного статусу дорослого населення (48-65 років) була виявлена дещо інша картина розподілу обстежених, в залежності від споживання білка і енергії в раціоні (див. табл. 3.1.3).

Таблиця 3.1.3 – Частка обстежених у віковій групі 46-65 років з різним споживанням білка і енергії, %

Споживання білка	Споживання енергії		
	Менше норми	норма	Більше норми
Більше норми	15	2	0
Норма	12	4	1
Менше норми	15	22	29

В даному розподілі не виявилось групи осіб, які споживають білок більше норми і енергію споживання більше норми. Найбільше число обстежених осіб формувало групу, що відрізняється недостатнім споживанням білка і енергії – 29 %. Респондентів, які споживають оптимальну кількість білка і енергії, виявилося всього 4 %.

Далі білково-енергетичний і елементний статус ми будемо розглядати в рамках вікової груп респондентів від 25 до 45 років. Розподіл в групі відповідав закономірності, яка описує співвідношення білка і енергії в раціоні харчування людини. В цю групу увійшли респонденти 48%, які відчувають дефіцит надходження білка і енергії, що може призвести до зниження функціональних резервів і порушення стану здоров'я.

Таким чином, було сформовано 6 груп респондентів відносно білково-енергетичного статусу, що наведені в табл. 3.1.5.

Таблиця 3.1.5 – Групи респондентів відносно білково-енергетичного статусу.

№ групи	Опис відносно білково-енергетичного статусу
I група	знижене надходження білка і енергії
II група	нормальний вміст білка і знижений вміст енергії
III група	нормальне надходження білка і енергії
IV група	підвищене надходження білка і знижене надходженням енергії
V група	підвищене надходження білка і нормальне надходження енергії
VI група	підвищений вміст білка і енергії

3.2 Взаємозв'язок білково-енергетичної забезпеченості та інших факторів харчування

Аналіз фактичних раціонів харчування дозволив виявити статистично значущі взаємозв'язки між вмістом білка і енергії, з одного боку, і змістом в раціоні інших макронутрієнтів. Для цього ми використовували кореляційний аналіз з розрахунком коефіцієнту кореляції – показника, який використовують для вимірювання щільності зв'язку для кількісними ознаками за лінійної залежності. За абсолютною величиною коефіцієнту кореляції коливається в межах від -1 до +1. Чим ближчий цей показник до 0, тим менший зв'язок, чим ближчий він до ± 1 – тим зв'язок тісніший. Знак «плюс» при коефіцієнті кореляції означає прямий зв'язок між ознаками x і y , знак «мінус» – обернений (табл. 3.2.1).

Таблиця 3.2.1 – Наявність негативної та позитивної кореляції

Кореляція	Негативна	Позитивна
Відсутня	- 0,09 – 0,00	0,00 – 0,09
Низька	- 0,30 – - 0,10	0,10 – 0,29
Середня	- 0,50 – - 0,30	0,30 – 0,50
Висока	- 1,00 – - 0,50	0,50 – 1,00

Оцінка взаємозв'язків в споживанні білку і енергії з надходженням в організм обстежених окремих мікроелементів дозволила виявити тісну залежність по цілому ряду показників. Так, в I групі (знижене надходження білка і енергії) виявлено позитивний достовірний взаємозв'язок білка з есенційними хімічними елементами – йодом ($r = 0,3$; $p < 0,05$). Аналогічний взаємозв'язок виявлений в VI групі (підвищений вміст білка і енергії) і в II групі (нормальний вміст білка і знижений вміст енергії).

Таблиця 3.2.2 – Взаємодія білка і есенційних мікроелементів, що поступають з їжею в різних по надходженню білка і енергії групах, r

Показник	Групи обстежених респондентів в залежності від вмісту білкового і енергетичного компоненту у раціоні					
	I	II	III	IV	V	VI
Йод	0,29	0,41	0,16	0,47	0,58	0,34
Ферум	0,61	0,58	0,42	0,44	0,63	0,64
Марганець	0,57	0,51	0,15	0,04	0,13	0,60
Цинк	0,93	0,89	0,83	0,85	0,83	0,94
Селен	0,41	0,09	0,23	0,27	0,30	0,50
Хром	0,50	0,46	0,32	0,36	0,55	0,75

Примітка: кольором виділено достовірні результати ($p < 0,05$)

У респондентів з III групи (нормальне надходження білка і енергії) кількість білка в раціоні слабо позитивно корелювалась з ферумом ($r = 0,4$; $p < 0,05$) – показник кореляції цього елемента нижчий, ніж в раніше описаних групах, але спостерігалась сильна позитивна кореляція з цинком ($r = 0,8$; $p < 0,05$).

У IV групі (підвищене надходження білка і знижене надходження енергії) та V групі (підвищене надходження білка і нормальне надходження енергії) позитивні кореляції білку з йодом ($r = 0,47$ і $0,6$; $p < 0,05$), ферумом ($r = 0,44$ і $0,6$; $p < 0,05$) і цинком ($r = 0,8$ і $0,8$; $p < 0,05$), що надходять з харчовими продуктами.

Таблиця 3.2.3 – Взаємозв'язок калорійності їжі з надходженням есенційних мікроелементів в різних за споживанням білка і енергії групах, r

Показник	Групи обстежених респондентів в залежності від вмісту білкового і енергетичного компоненту у раціоні					
	I	II	III	IV	V	VI
Ферум	0,43	0,31	- 0,02	0,05	0,01	0,37
Йод	0,31	0,44	0,21	0,29	0,28	0,22
Марганець	0,69	0,59	0,43	0,29	0,07	0,73
Цинк	0,74	0,61	0,52	0,55	0,34	0,80
Селен	0,30	0,00	0,12	0,11	-0,14	0,51
Хром	0,48	0,34	0,28	0,25	0,20	0,52

Примітка: кольором виділено достовірні результати ($p < 0,05$)

У I групі (знижене надходження білка і енергії) калорійність їжі достовірно корелювала з мікроелементами їжі. Зокрема, достовірно пов'язаний з таким мікроелементом як цинк ($r = 0,7$; $p < 0,05$). Менш високі, але достовірно позитивні взаємозв'язки виявлені із ферумом ($r = 0,4$; $p < 0,05$), йодом ($r = 0,3$; $p < 0,05$), марганцем ($r = 0,7$; $p < 0,05$).

У II групі (нормальний вміст білка і знижений вміст енергії) взаємозв'язок калорійності їжі статистично значимо пов'язаний з марганцем ($r = 0,4$; $p < 0,05$), і цинком ($r = 0,5$; $p < 0,05$), які надходять з харчовими продуктами.

У IV групі (підвищене надходження білка і знижене надходження енергії) виявлено досить чіткий зв'язок між калорійністю їжі з цинком ($r = 0,5$; $p < 0,05$). З іншими есенціальними мікроелементами достовірно значимих зв'язків не виявлено.

У V групі (підвищене надходження білка і нормальне надходження енергії) виявлені достовірні зв'язки калорійності їжі тільки з цинком ($r = 0,3$; $p < 0,05$), причому зв'язок калорійності їжі в цій групі виявився найнижчим.

Кореляційний аналіз VI групи (підвищений вміст білка і енергії) показав достовірну кореляцію калорійності їжі з ферумом ($r = 0,4$; $p < 0,05$), магнієм ($r = 0,7$; $p < 0,05$) і цинком ($r = 0,8$).

Ґрунтуючись на отриманих результатах, можна зробити висновок, що в I групі (знижене надходження білка і енергії) виявлені взаємозв'язки усіх есенційних елементів з калорійністю їжі, тоді як в V групі (підвищене надходження білка і нормальне надходження енергії) відмічений тільки один зв'язок. Найбільш сильні взаємозв'язки виявлені в VI групі (підвищений вміст білка і енергії).

З огляду експериментальних даних, які ми навели вище, можна зробити висновок, що взаємозв'язок калорійності їжі, так само, як і білка із компонентами мікроелементів мають тільки позитивний зв'язок, при цьому найбільше число кореляцій калорійності їжі з мікроелементами їжі виявлено в групі з зниженим надходженням білка і енергії. В інших групах кількість достовірних зв'язків приблизно подібне.

ВИСНОВКИ

1. В результаті дослідження раціонів харчування населення виявлено здатність організму підтримувати певне співвідношення компонентів їжі, що виражається в залежності між білком і енергією в раціоні харчування різних вікових груп. В результатів наших досліджень, співвідношення білка і енергії в фактичних раціонах обстежених виявилось досить стабільною величиною в що коливалось від 3,12 г/ккал у респондентів жіночої статі віком 46-65 років до 3,24 г/ккал в групі обстежених людей віком 20-45 років, для чоловіків вікової групи 46-65 років від 3,21 г/ккал до 3,63 г/ккал віком 20-45 років.

2. Аналізуючи кореляційні зв'язки між білком та мінеральними елементами їжі ми виявили, що в усіх групах спостерігається позитивний кореляційний зв'язок з різним ступенем вираженості, так в I і VI групі спостерігається висока кореляція, в II і III групі – середня кореляція, а в IV і V групі – спостерігається позитивний але низький кореляційний зв'язок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цимбаліста Н. В., Давиденко Н.В. Стан фактичного харчування. Проблеми харчування, 2018. 1-2, 32-35.
2. Агаджанян Н. А., Марачев А. Г., Бобков К. А. Екологічна фізіологія людини. М. : КРУК, 2015. 416 с.
3. Бакулін І. Г. Клініко-патогенетичне обґрунтування корекції недостатності харчування у поранених та хворих з різними захворюваннями внутрішніх органів: дис. д-р мед. наук. М., 2014. 267 с.
4. Батурін А. К., Акользіна С. Є., Погожева А. В., Суханов Б.П., Гаппаров М. М. Оцінка ефективності дієтотерапії із застосуванням БАД до їжі на підставі вивчення якості життя. Харчування здорової та хворої людини: матеріали конференції, м. Київ. 2015. С. 15–16.
5. Бала О. О., Бенюк В. О., Ковалюк Т. В. Роль гематологічних індексів у діагностиці завмерлої на ранніх термінах вагітності. *Здоров'я жінчини*. №4 (110), 2016. С. 128–130.
6. Гриньова М. В., Коновал Н. О. (2013). Організація впливу збалансованого харчування на розумову діяльність студентської молоді, Полтава, 38.
7. Марушко Ю. В., Таринська О. Л. До питання харчування студентської молоді як чинника здорового способу життя. Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П.Л. Шупика. Київ, Кн. 3, 2014. 247-254.
8. Блінова Є. Г., Богунова О. С., Чесноков В. А. Характеристика та кластерний аналіз продуктового набору населення. Профілактична та клінічна медицина. №2 (51). 2014. С. 45-49
9. Подригало Л. В., Пашкевич С. А., Прусик К. В. Аналіз харчування студентської молоді у зв'язку з особливостями здоров'я. Фізичне виховання студентів, 6. 2017. 83–87.
10. Вяльцина Н. Е., Сетко І. М., Трішина С. П. Здоров'я населення та середовище існування. № 4. 2011. С. 25–29.

11. Капрельянц Л. В., Коргачова К. Г. Функціональні продукти. – О.: Друк, 2013. – 312 с.
12. Герасименко Н. Ф., Позняковський В. М., Челнакова Н. Г. Здорове харчування та його роль у забезпеченні якості життя Технології харчової та переробної промисловості АПК – продукти здорового харчування. № 4 (12), 2016. С. 52-57.
13. Громова О. А., Калачова А. Р., Торшин І. Ю., Калійзберігаючі властивості магнію. Кардіологія. 53(10), 2012. С. 38-48.
14. Григоренко О. М. Еволюція теорії та концепції харчування людини. [Електронний ресурс] / О. М. Григоренко. – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/Vdnuet/tehn/2011_1/Grigor.pdf.
15. Гуліч М. П. Здоров'я людини: наукові основи харчування [Електронний ресурс] / М. П. Гуліч. – Режим доступу : <http://www.health-ua.org/archives/health/20.html>.
16. Доценко В. А. Хвороби надлишкового та недостатнього харчування: навчальний посібник. Спб: ТОВ "Видавництво ФОЛАНТ", 2014. 112 с.
17. Марушко Ю. В. Мікроелементи та стан імунітету у дітей / Ю. В. Марушко // Актуальная инфектология. – 2013. – № 1. – С. 15-18.
18. Зиновьев Н. А. Активность студентов в соблюдении принципов здорового образа жизни. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. №12. 2012. С. 73–77.
19. Кассиль Г. Н. Внутренняя среда организма. М.: Наука, 2013. 225 с.
20. Кассиль Г. Н., Гинтер Е. К. Гомеостаз. БСЭ 3е издание. Т. 7. 2010, 50 с.
21. Анке М. Споживання, сукупне засвоєння, баланс мікроелементів та ризик його порушення у дорослих людей на змішаній дієті та вегетаріанців, які споживають молоко і яйця / М. Анке, Р. Мюллер, У. Шеффер // Мікроелементи у медицині. - 2005. - №6 (2). З. 1-14.
22. Клінічна біохімія: підручник / Д. П. Бойків, Т. І. Бондарчук, О. Л. Іванків та ін.; за ред. О. Я. Склярова. Київ: Медицина, 2016. 432 с.

23. Клиническая лабораторная диагностика. Национальное руководство (в двух томах). Т. 1., 2012. 928 с.

24. Клиническая лабораторная диагностика. Национальное руководство (в двух томах). Т. 2., 2012. 807 с.

25. Ковальчук Л. Я. Ендогенна інтоксикація та її корекція при лікуванні перффоративних гастродуоденальних виразок. *Шпитальна хірургія*. № 3, 2013. С. 60–62.

26. Лысыков Ю. А. Аминокислоты в питании человека. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. № 2, 2012. С. 88–105.

27. Макаренко Т. М., Радченко О. М. Співвідношення біохімічних показників крові в медичній практиці: клініко-діагностичне значення. *Практикуючий лікар*. Т. 6. №2, 2017. С. 49–53.

28. Вплив марганцю на кістковий метаболізм у дітей, які проживають в умовах впливу хімічних факторів середовища проживання / О. Ю. Устінова, Н. В. Зайцева, И. А. Пермяков [и др.] // *Фундаментальні дослідження*. – 2011. – № 9 – С. 314–317.

29. Матасар В. І. Сучасні підходи до оптимізації харчування як засоби корекції морфофункціональних показників. *Семейная медицина*. №1. (54), 2014. С. 81–84.

30. Меделяновский А. Н. Системные механизмы гомеостаза. *Успехи физиол. наук*. Т. 13. №3. 2012, С. 96–12.

31. Методика визначення складу та енергетичної цінності продуктів харчування. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0146-00#Text>

32. Наказ про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>

33. Николаев Д. В., Руднев С. Г. Біоімпедансний аналіз: основи методу, протокол дослідження та інтерпретація результатів. *Спортивна медицина: наука і практика*. М., 2012. № 2. С. 29–36.

34. Даниленко, Г.М., Леляго, Г.В., Водолажський, М.Л., Авдієвська, О.Г., Савельєва, Л.М. (2018). Особливості харчування студентської молоді як важливого компонента здоров'язберігаючої поведінки. Молодий вчений (8), 293-296.
35. Нотова С. В. Еколого-фізіологічне обґрунтування коригуючого впливу елементного статусу на функціональні резерви організму людини. дис. ... д-р мед. наук. М., 2015. 314 с
36. Проскурякова Л. А. Особливості харчового поведіння і види його порушень у студентів різних термінів навчання. Рациональне харчування, харчові добавки і біостимулятори. №2. 2016. С. 118–124.
37. Радченко О. М., Кондратюк М. О., Якубенко Ю. П. Вплив ендогенної інтоксикації на формування загальних неспецифічних адаптаційних реакцій у хворих із хронічною серцевою недостатністю. *Acta Medica Leopoliensia*. Т. 17, № 3, 2014. С. 11–15.
38. Загородній, В. В., Ярославська, Л. П. Продукти та технологія функціонального харчування. Матеріали першої міжнародної науковопрактичної конференції «Інтеграційні та інноваційні напрямки розвитку харчової індустрії», 2018. 2 (1), 130-134.
39. Сетко А. Г., Пономарева С. Г., Щербинина Е. п. Роль харчової забезпеченості у функціонуванні основних органів і систем організму студентів. Гігієна і санітарія. №3. 2012. С. 51–53.
40. Сетко А. Г., Каштанова С. Г., Трішина С. П. Особливості функціонування органів та систем студентів медичного вузу при недостатній нутрієнтній забезпеченості. Здоров'я населення та навколишнє середовище. №6 (243). 2013. С. 7-9.
41. Sexton J., Campbell H., Rahman M., Turner P. Parenteral nutrition in adults: the basics // *The Pharmaceutical Journal*. 2019. V. 283. P. 275.
42. Троцюк Д. В., Медведєв Д. С., Макаренко С. В., Юшкова І. Д., Лапотніков А. В. Білково-енергетична недостатність в осіб похилого та старечого віку. Сучасні проблеми науки та освіти. №2. М., 2020. С. 215-217.

43. Хом'яков В. М., Хороненко В. Е., Єрмошина А. Д. Проблема нутритивної недостатності та методи її корекції у хворих із злоякісними пухлинами стравоходу та шлунка. *Онкологія: журнал ім. П. А. Герцена*. №5. 2016. С. 33-37.

44. Циганенко О. Розробка комп'ютерної інформаційної технології «аналіз харчування спортсменів». *Наука у олімпійському спорті*. 2010. № 1. С. 87-92.

45. Yu, Z., Tan, M. (2016). Disordered Eating Behaviors and Food Addiction among Nutrition Major College Students. *Nutrients*. 8(11). 673. doi: 10.3390/nu8110673.

46. Vallee B. L. Zinc metallochemistry and biochemistry / B. L. Vallee, D. S. Auld // *EXS*. — 2009. — Vol. 73. — P. 259–277.

47. Єщенко Ю. В. Вміст цинку в клітинах при різних функціональних станах інсулярного апарата підшлункової залози : автореф. дис. на здобуття наук. ступеню канд. біол. наук: спец. 03.00.13. «Фізіологія людини та тварин» / Ю. В. Єщенко. — К., 2004. — 20 с.

48. Huang C, Ma W, Stack S. The hygienic efficacy of different hand-drying methods: a review of the evidence. *In Mayo Clin Proc*. 2012;87(8):791–8.

49. Greenblatt H. M. Carboxipeptidase A: native, zinc-removed and mercury-replaced forms / H. M. Greenblatt, H. Feinberg, P. A. Tucker, G. Shoham // *Acta Crystallogr. D. Biol. Crystallogr.* — 2017. — Vol. 54, Pt. 3. — P. 289–305.

50. Wang Z., Hu S. Y., Lei D. L. Effect of chronic stress on PKA and P&CREB expression in hippocampus of rats and the antagonism of antidepressors // *Nat. Genet.* — 2016. — Vol. 31, № 5. — P. 767–771.

51. Chubanov V., Waldegger S., Mederos M., Schnitzler Y. Disruption of TRPM6 / TRPM7 complex formation by a mutation in the TRPM6 gene causes hypomagnesemia with secondary hypocalcemia // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. — 2014. — Vol. 101, № 9. — P. 2894–2899.

52. Школьнікова М. А. Метаболізм магнію та терапевтичне значення його препаратів. - М.: Медпрактика-М. 2002 - 28 с.

53. Senni K., A. Foucault-Bertaud, Godeau G. Magnesium and connective tissue// *Magnes Res.* — 2003 — Vol. 16, № 1. — P. 70-74.
54. Huang C, Ma W, Stack S. The hygienic efficacy of different hand-drying methods: a review of the evidence. In *Mayo Clin Proc.* 2022;87(8):791–8.
55. Харчова хімія / Нечаєв А.П., Траубенберг С.Є., Кочеткова А.А., та ін. За ред.А.П. Нечаєва. - СПб.: ГІОРД, 2019. - 592 с.
56. Букін Ю.В. Незамінні жирні кислоти: природні джерела, метаболізм, фізіологічні функції та значення для здоров'я. - М.: 2007.- 140 с.
57. Connor W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease // *Am. J. Clin. Nutr.* 2018. 71: 171-175.
58. Etherton R., Taylor D.L., Yu-Poth S., Huth P., Moriarty K., Fishell V., Hargrove R., Zhao G. and Etherton T. Polyunsaturated fatty acids in th food chain in the United States // *Am. J. Clin. Nutr.* 2015. 71: 179-188.
59. Білецька Е.М. Біомікроелементи – селен, мідь та цинк у харчуванні населення промислово розвинутих територій / Е.М. Білецька, Н.М. Зубик // *Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. – Д., 2007. – С. 79-80.*
60. Білецька Е.М. Гігієнічна оцінка вмісту мікроелемента селену у воді Дніпропетровської області / Е.М. Білецька, Н.М. Зубик // *Довкілля та здоров'я. – 2007. - №1. – С. 56 - 60.*

