

Камінський О.В. 

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології
Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна

Біомаркери йодного дефіциту, методи його профілактики та лікування

For citation: *Mіžnarodnij endokrinologіčnij žurnal*. 2022;18(1):49-56. doi: 10.22141/2224-0721.18.1.2022.1145

Резюме. Оглядова стаття присвячена питанню йодного дефіциту (ЙД), який є дуже поширеним в країнах світу і призводить до значної кількості проблем зі здоров'ям, включаючи психічні, розумові, тиреоїдні та нетиреоїдні в усіх вікових групах. На сьогодні в більшості країн запровадження йодної профілактики призвело того, що понад 60 % територій поборолі ЙД, однак єдина категорія населення навіть у цих країнах, яка ще має такий дефіцит, — вагітні та жінки, які годують груддю. На цей час Україна провалила програми забезпечення населення достатньою кількістю йоду, національні наукові дослідження цієї проблеми не проводяться декілька десятиліть, тому з 2021 р. на мапах йодного статусу Україна вже значиться як «біла пляма». Йодна профілактика стає особистою проблемою для населення нашої держави, кожен мешканець, який хоче бути здоровим і мати здорове потомство, повинен самостійно цим займатися. Оптимальним шляхом подолання йододефіцитної патології є щоденне вживання комбінації йоду, селену в рекомендованих ВООЗ і вітаміну D в індивідуальних дозах, постійно протягом усього року, з періодичним лабораторним контролем рівнів ТТГ (маркер функції щитоподібної залози (ЩЗ), у тому числі скринінговий), тиреоглобуліну (індивідуальний маркер йодного дефіциту) та вітаміну D (маркер його достатності, що визначає стан кістково-м'язової та паратиреоїдної систем). Низка досліджень показує, що застосування надмірних доз йоду може збільшувати розвиток патології ЩЗ, однак не всі вони мають бездоганний дизайн, який враховує інші чинники такої патології. Сьогодні в Україні існує препарат, що містить комбінацію йоду (150 мкг) і селену (75 мкг) для дорослих осіб. Таке безпечне співвідношення у рекомендованих дозах для віку понад 12 років є найбільш оптимальним для профілактики і лікування йододефіцитної патології та станів. Препарат добре зарекомендував себе, є популярним серед лікарів і пацієнтів. Його одночасне та довготривале застосування з препаратами вітаміну D в індивідуальних дозах протягом років з періодичним моніторингом лабораторних показників і ультразвуковим дослідженням ЩЗ дозволяє досягти в більшості випадків зазначених медичних цілей.

Ключові слова: йодний дефіцит; біомаркери; профілактика; лікування

Вступ

Сьогодні, як і раніше, ендокринна патологія є дуже поширеною. Це пояснюється перш за все наявністю генетичної схильності до неї у більшості людей («сплячі», тобто неактивовані, гени), особливо у жінок, що реалізується через вплив значної кількості чинників зовнішнього середовища, починаючи від харчування, нестачі/незбалансованості мікро- та макроелементів, вітамінів, закінчуючи хімізацією і опроміненням

(електромагнітним, радіаційним). На більшість цих негативних факторів ми не маємо змоги впливати, однак харчування та поповнення мікро-/макроелементів є досяжним для всього населення. Понад 100 років відомо про існування йодного дефіциту (ЙД), за цей час більшість країн світу вже вирішили цю проблему завдяки впровадженню примусової йодизації продуктів харчування. На жаль, на територіях України, Росії та деяких інших країн колишнього Радянського Союзу не



© 2022. The Authors. This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Камінський Олександр Валентинович, д.м.н., ст.н.с., Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна, e-mail: endocriner@gmail.com

For correspondence: Oleksiy V. Kaminskyi, Doctor of Medical Sciences, State Institution "National Scientific Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Ilyenka st., 53, Kyiv, 04050, Ukraine; e-mail: endocriner@gmail.com

Full list of author information is available at the end of the article.

використовують таку можливість профілактики йододефіцитних станів, хоча у Білорусі, Грузії та Казахстані частково подолали такий дефіцит. Поруч з дефіцитом йоду завжди має місце нестача селену, який є його синергістом, тобто помічником.

До 1990 р. лише кілька країн — Швейцарія, деякі Скандинавські країни, Австралія, США та Канада мали повністю достатнє йодне забезпечення. У США та Канаді досягнутий нормальний рівень споживання йоду, хоча за результатами останніх досліджень у вагітних жінок у США відзначається легкий йодний дефіцит, на що спрямовані профілактичні заходи. При повторних дослідженнях у 1999–2005 рр. у Польщі було встановлено, що застосування масової йодної профілактики призвело до значного зниження поширеності зоба з 40 до 6 % [1].

Йодний дефіцит

У 2001 році Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) запровадила термін «йодний дефіцит», який поєднує всі патологічні стани, що розвиваються в результаті дефіциту йоду в харчуванні, але вони можуть бути усунені завдяки нормальному споживанню йоду [2].

Навіть легкий або помірний ЙД може погіршити когнітивну (пізнавальну) функцію у будь-якому віці, що продовжує впливати на велику популяцію українців та обумовлює, як показують окремі дослідження, зниження бальної оцінки коефіцієнту інтелекту (IQ)

та порушення шкільного та студентського навчання, а також багато інших розладів здоров'я. ЙД залишається основною глобальною загрозою здоров'ю та розвитку, оскільки він є найпоширенішою причиною психічних розладів, яким можна запобігти, у всьому світі [3]. Особливо вразливі вагітні жінки та маленькі діти. Інакше можна сказати: «Йод = інтелект», який можливо втратити в будь-якому віці через ЙД або зберегти за умови щоденного споживання йоду в рекомендованих дозах.

Споживання йоду матір'ю необхідне як матері, так і дитині, тому що навіть легкий дефіцит йоду може призвести до зниження когнітивного (розумового) розвитку дитини. Підвищена потреба в йоді під час вагітності змусила ВООЗ рекомендувати збільшити споживання йоду вагітним жінкам з 150 до 250 мкг.

ЙД справляє численні несприятливі впливи на дуже велику кількість фізіологічних процесів у всіх вікових і статевих верствах населення, від первинного запліднення до старості (табл. 1). ЙД має великі негативні наслідки для росту і розвитку людини через недостатнє вироблення активованих форм гормонів щитоподібної залози (ЩЗ).

ЙД збільшує кількість психічних і розумових захворювань в будь-якому віці майже удвічі.

За визначенням ВООЗ (2021), йододефіцитні розлади у період новонародженості, у дитячому та підлітковому віці можуть призвести до виникнення гіпотиреозу та гіпертиреозу (!), перш за все їх субклінічних форм. Відомий вчений-ендокринолог, професор Г. Герасимов звертає увагу, що у журналі «Clinical and Experimental Thyroidology» було опубліковано передрук статті «Йодування солі зменшило ризик тиреотоксикозу в Данії вдвічі» (doi: 10.14341/ket10379) [4]. Цю статтю для розділу «De Gustibus» підготував відомий дієтолог, голова Глобальної йодної мережі, професор Швейцарського федерального технологічного інституту Майкл Циммерман, який довгі роки займається йодною профілактикою та вивченням біомаркерів ЙД.

Серйозний ЙД під час вагітності може спровокувати мертвонародження, спонтанні аборти та вроджені аномалії (косоокість, глухонімоту, вади нервової системи та серця).

Щоденна потреба людини у цьому мікроелементі залежить від віку та фізіологічного стану і становить, за даними ВООЗ [5], у середньому розрахунку на рік:

- 90 мкг/день — для дітей віком до 5 років;
- 120 мкг/день — для дітей від 5 до 12 років;
- 150 мкг/день — для дітей з 12 років та дорослих;
- 250 мкг/день — для вагітних і жінок, що годують груддю.

Принциповим питанням є щоденне вживання йоду в адекватній кількості протягом усього року та життя в цілому, оскільки він майже весь виводиться з організму за 3 дні із сечею і не накопичується. Тому оцінка йодурії не є точною, оскільки відображає йодний статус за три останні дні, у той час як тиреоглобулін віддзеркалює йодний статус за останні 6–12 місяців.

Йодування солі та інших харчових продуктів (борошна, молока і м'яса через годування худоби) є найпростішою, дешевою та ефективною стратегією про-

Таблиця 1. Розлади, пов'язані з дефіцитом йоду

Період життя	Потенційні порушення
Плід	— Мимовільні аборти; — мертвонародження; — підвищена перинатальна смертність; — аномалії розвитку; — ендемічний кретинізм; — шизофренія (реалізована у дорослому віці; +75 %)
Новонароджені	— Гіпотиреоз (явний або субклінічний); — неонатальний зоб; — косоокість; — глухота; — пороки серця; — пороки розвитку нервової системи
Діти та підлітки	— Ендемічний зоб; — вузловий зоб; — гіпотиреоз (субклінічний); — порушення фізичного і статевого розвитку; — низькорослість; — підвищення загальної захворюваності; — порушення розумового розвитку; — зниження пізнавальної функції (когнітивний дисонанс)
Дорослі	— Зоб; — вузловий зоб; — гіпотиреоз (субклінічний); — гіпертиреоз; — токсична аденома ЩЗ; — зниження інтелекту; — зниження репродуктивної функції

філактики йододефіцитних станів, що застосовується у світі. Програми йодування солі зараз впроваджені в багатьох країнах світу, і, за оцінками, дві третини населення світу (71 %) отримують йодовану сіль, що містить йодид або йодат калію — найдоступніші форми йоду для засвоєння ЩЗ.

У 2005 році Всесвітня асамблея охорони здоров'я прийняла резолюцію, яка закликала країни-члени регулярно відстежувати у себе ситуацію з йодом [6].

Експертами ВООЗ, ЮНІСЕФ та Iodine Global Network створена глобальна база даних щодо поширеності йододефіцитних захворювань (рис. 1) [7]. Для цього були використані відомості про вміст йоду в сечі — найбільш адекватний епідеміологічний (тобто науковий) індикатор вживання йоду населенням у цілому. Дані були отримані з національних і субнаціональних досліджень, проведених у різних країнах світу з 1993 по 2020 р. [7]. Згідно з цими даними, більшість країн СНД та частина Європи залишаються найбільшою зоною дефіциту йоду, включаючи Україну (рис. 1). За останнє десятиріччя кількість країн світу, де вже немає ЙД, збільшилась з 67 до 112, якщо не брати до уваги вагітних жінок, що показано у 121 національному та 31 субнаціональному дослідженні. Ці дослідження показують, що саме у вагітних жінок продовжує існувати ЙД, навіть у США та Великобританії, де побороти такий дефіцит.

В Україні до регіонів з тяжким дефіцитом йоду та максимальними ризиками розвитку йододефіцитних захворювань традиційно відносять Волинську, Закар-

патську, Івано-Франківську, Львівську, Рівненську, Тернопільську та Чернівецьку області. На іншій території України, у тому числі Київської, Харківської, Полтавської, Одеської, Дніпропетровської областей, повсюдно існує помірний або легкий йодний дефіцит. За середніми оцінками ВООЗ, кожний українець вживає близько 90 мкг йоду щоденно протягом року замість 150 мкг, які є рекомендованими. Останнє загальнонаціональне українське дослідження щодо вживання населенням харчових мікронутрієнтів було проведене у 2002 р. На сьогодні нових досліджень не було проведено, тому ВООЗ з 2021 р. уже вважає, що по Україні будь-які дані відсутні (біле поле на мапі) (рис. 1). До останнього часу Україна була територією з наявністю доказового йодного дефіциту, зараз — «біла пляма» на карті Європи.

Біомаркери йодного дефіциту

Упродовж останніх 30–40 років змінювалась парадигма визначення достатності йоду та інших мікроелементів у пацієнтів. До маркерів йодного дефіциту, за критеріями ВООЗ, у 2021 р. відносять йодурію, рівень тиреотропного гормону (ТТГ) у новонароджених, частоту зоба і концентрацію тиреоглобуліну (ТГ) у сироватці крові (табл. 2) [7].

Здатність людини виробляти достатній рівень гормонів ЩЗ залежить від запасів йоду, а також селену, вітаміну D та інших речовин, накопичених і підтримуваних протягом всього року. Оскільки понад 90 % йоду

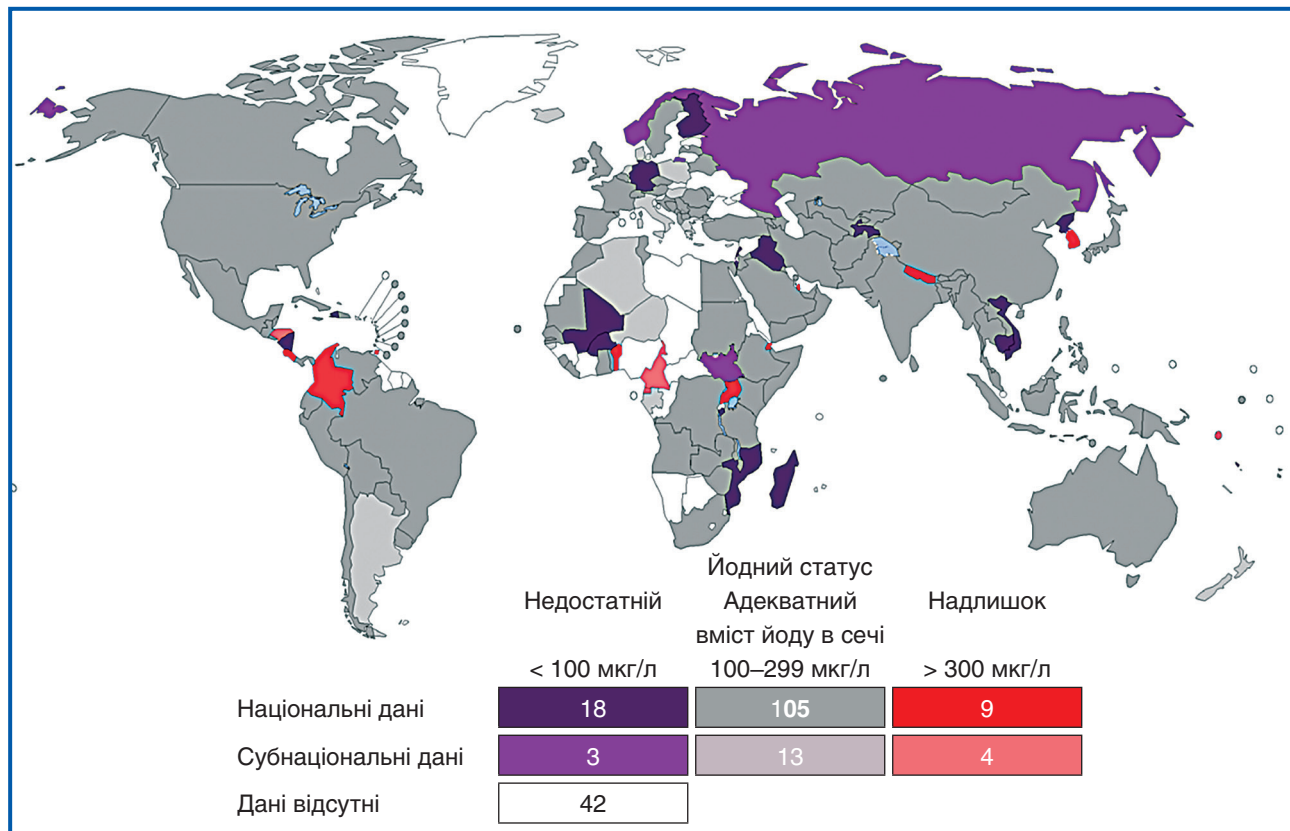


Рисунок 1. Глобальна система показників йодного забезпечення у 2021 р.

Споживання йоду в загальній популяції, оцінене за медіаною концентрації йоду в сечі у дітей шкільного віку. Дослідження, проведені у 2005–2020 рр. Україна — біле поле на мапі 2021 р. (<https://www.ign.org>)

секретується із сечею, таке визначення є біомаркером недавнього (близько трьох діб) споживання йоду великими групами людей, що регламентовано ВООЗ (епідеміологічні критерії оцінки йодного харчування в популяції на основі медіанного рівня йоду у сечі [8, 9]). Завдяки одночасному (за 1–2 дні) визначенню концентрації йоду у сечі мешканців однієї місцевості судять про їх забезпеченість йодом (табл. 3) або про ефективність використання йодованої солі населенням. Це дослідження є суто науковим, використовується в епідеміологічних дослідженнях із залученням великої кількості населення, за даними Американської тиреоїдної асоціації (АТА) 2017 р., воно не рекомендоване для індивідуальної оцінки достатності йоду (рекомендація АТА № 4, 2017) [9]. Показник йодурії змінюється швидко — кожні 2–3 дні.

Тиреоглобулін

Для індивідуальної оцінки споживання йоду пацієнтами використовується інший біомаркер йододефіциту — тиреоглобулін, який був визнаний ще у рекомендаціях ВООЗ 1994 р. та на цей час використовується в більшості наукових досліджень. Він дозволяє

оцінювати довготривале споживання йоду упродовж 6–12 місяців, змінюється дуже повільно.

Тиреоглобулін — водорозчинний глікопротеїн колоїду ЩЗ, що містить йод. Його молекулярна маса становить 660 КДа. ТГ є білковою матрицею, у якій синтезуються тиреоїдні гормони. Приблизно 70 % ТГ складається з однакових субодиниць, інші 30 % структурно гомологічні ацетилхолінестеразі, що має важливе значення для секреції T_3 і T_4 .

Блок ТГ у незначній кількості можна виявити у крові всіх здорових людей. ЙД призводить до підвищення його рівня у сироватці крові, що виявляють у пацієнтів з дифузним нетоксичним (спорадичним) або вузловим зобом, а тиреоглобулін у цьому випадку відображає йодне забезпечення при харчуванні протягом місяців або років. Це контрастує з концентрацією йоду в сечі, яка більш швидко (але короткостроково) оцінює споживання йоду. Вимірювання ТГ у дітей шкільного віку в сироватці крові або методом сухих плям є чутливим індикатором йодного статусу в популяції (епідеміологічне дослідження) і може використовуватися для моніторингу покращення функції щитоподібної залози після поповнення йоду [7–11].

Таблиця 2. Індикатори йодного статусу населення (ВООЗ/ЮНІСЕФ/ІССІДД, 2007–2021)

Індикатор (одиниці)	Вікова група	Переваги	Недоліки	Додаток
Середня концентрація йоду в сечі, мг/л	Діти шкільного віку, дорослі і вагітні жінки	— Зразки сечі легко отримати — Відносно низька вартість — Зовнішня програма перевірки якості на місці	— Не корисно для індивідуальної оцінки — Оцінює споживаний йоду тільки за минулі декілька днів — У лабораторній практиці треба уникати забруднення — Для досить великого числа зразків треба використовувати різні ступені гідратації	
Виявлення зоба при пальпації, %	Діти шкільного віку	— Просте і швидке скринінгове дослідження — Не вимагає ніякого спеціального устаткування	— Низькі специфічність і чутливість з причини високої ймовірності похибки дослідника — Слабо відповідає вживанню йоду	
Виявлення зоба при УЗД, %	Діти шкільного віку	— Точніше, ніж пальпація — Результат залежить від вживання йоду, функції ЩЗ, віку, площини поверхні тіла	— Вимагає дорогого устаткування й електрики — Оператор потребує спеціального навчання — Тільки частково відповідає змінам у споживанні йоду	
Рівень ТТГ у крові, мМОд/л	Новонароджені	— Характеризує функцію ЩЗ — Мінімальні витрати, якщо налагоджені скринінгові програми профілактики вродженого гіпотиреозу на місцях — Просте зберігання результатів на фільтрувальному папері	— Даремний при використанні йоду як антисептика — Вимагає стандартизації — Потребує уколу для отримання крові не пізніше 48 годин після народження	Частота ТТГ вище за 5 мМОд/л менше ніж у 3 % обстежених вказує на достатність йоду у населення
Рівень ТГ у крові, мг/л	Діти шкільного віку, дорослі	— Просте зберігання результатів на фільтрувальному папері — Міжнародний довідковий діапазон — Вимірює покращення функції ЩЗ у межах декількох місяців після поповнення йоду	— Дороге імунологічне обстеження — Стандартний довідковий матеріал доступний, але потребує підтвердження	Інтервал для достатності йоду у дітей становить 4–40 нг/мл

Вчені та практичні лікарі мислять різними категоріями: перші використовують йодурію в наукових епідеміологічних дослідженнях у великих групах населення 1 раз на 10 років, другі оцінюють індивідуальну достатність йоду в пацієнта шляхом визначення тиреоглобуліну у динаміці 1–2 рази на рік, слідкуючи за ефективністю лікувальних або профілактичних заходів.

Референтний інтервал для визначення концентрації тиреоглобуліну у сироватці крові пацієнтів, які вживають достатню кількість йоду, за критеріями ВООЗ становить 4–10 нг/мл (табл. 4). У популяційному дослідженні 2016 р. (Clin. Endocrinol. 2016. 85(3)) вказується, що ТГ є чутливим маркером споживання йоду.

За зазначеними критеріями ВООЗ йодний дефіцит за рівнем тиреоглобуліну розділяють на легкий (10–19,9 нг/мл), помірний (середній, 20–39,9 нг/мл) та тяжкий (від 40 нг/мл та більше) (табл. 4). Хоча оцінка йодурії показує індекс споживання йоду населенням, отримане його значення відображає нещодавнє спо-

живання з їжею, однак йодурія не є корисним методом для визначення довгострокового йодного статусу людини [12].

Сьогодні в епідеміологічних та наукових дослідженнях часто використовують стандартну методику ВООЗ з визначення рівня тиреоглобуліну на сухому паперовому носії (DBS Tg). Цей тест стабільно зберігається при температурі –20 °С протягом до одного року. Встановлено міжнародний референтний діапазон цієї методики визначення кількості ТГ для дітей віком 5–14 років для моніторингу йодного забезпечення. Референтний інтервал DBS Tg для дітей шкільного віку з достатньою кількістю йоду становить 4–40 мкг/л.

Таким чином, визначення ТГ у сироватці є більш точним методом, цей показник вимірюється за діапазонами до 10, 10–19, 20–39 та більше 40 нг/мл, використовується індивідуально або у наукових дослідженнях, у той час як менш точний і менш дорогий метод визначення ТГ на сухому паперовому носії (у межах

Таблиця 3. Граничні значення концентрації йоду для суспільного здоров'я в різних цільових групах, за йодурією в епідеміологічних дослідженнях (ВООЗ, 2013–2021*)

Індикатор	Концентрація	Прийом йоду	Йодний статус
Дефіцит йоду вимірюється медіаною концентрації йоду в сечі (мкг/л) у дітей шкільного віку (≥ 6 років)	< 20	Недостатній	Тяжкий дефіцит
	20–49	Недостатній	Помірний дефіцит
	50–99	Недостатній	Легкий дефіцит
	100–199	Адекватний	Достатнє йодне забезпечення
	200–299	Більше ніж достатній	У цих групах населення може становити невеликий ризик більше ніж достатнього споживання йоду
	≥ 300	Надмірний	Ризик несприятливих наслідків для здоров'я (наприклад, йодіндукований гіпертиреоз або аутоімунне захворювання ЩЗ)
Дефіцит йоду вимірюється медіаною концентрації йоду в сечі (мкг/л) у вагітних жінок	< 150	Недостатній	
	150–249	Адекватний	
	250–499	Більше ніж необхідно	
	≥ 500	Надмірний	
Дефіцит йоду вимірюється медіаною концентрації йоду в сечі (мкг/л) у жінок, які годують груддю, і дітей віком до двох років	< 100	Недостатній	
	≥ 100	Адекватний	

Примітка: * — сайт ВООЗ, 2021 р.: <https://www.who.int/data/nutrition/nlis/info/iodine-deficiency>

Таблиця 4. Критерії тяжкості зобної ендемії (ВООЗ, 1994) [9, 10]

Критерії	Ступінь тяжкості			
	Норма	Легкий	Помірний (середній)	Тяжкий
Загальна частка зоба, %	Менше за 5	5–19,9	20–29,9	> 30
Частота об'єму ЩЗ понад 97 перцентилів, %	Менше за 5	5–19,9	20–29,9	> 30
Медіана екскреції йоду із сечею, мкг/л	Більше за 100	50–90	20–49	< 20
Медіана концентрації тиреоглобуліну у сироватці крові, нг/мл	Менше за 10	10–19,9	20–39,9	> 40
Частота ТТГ у крові понад 5 мМОд/л, %	Менше за 3	3–19,9	120–39,9	> 40

4–40 мкг/л) застосовують у неонатальному скринінгу та в епідеміологічних дослідженнях. Йодурію досліджують лише в епідеміологічних дослідженнях.

Методи усунення дефіциту йоду

Найпростішим методом усунення нестачі йоду в організмі є поповнення через продукти харчування, які містять достатню його кількість, або через штучне збагачення. Найдешевшим є запровадження примусового застосування йодованої солі серед всіх мешканців країни завдяки забороні продажу нейодованої. Це найбільш ефективний засіб профілактики наслідків ЙД, який схвалено ВООЗ та іншими науковими організаціями, що дозволило досягти такої мети в більшості країн світу, окрім України, Росії та інших країн колишнього СРСР. Фізіологічно необхідна мінімальна кількість вживання йоду з їжею та водою вказана у табл. 5, становить близько 150 мкг/день у середньому на рік для дорослих осіб віком від 12 років, для дітей доза трохи нижча, а для вагітних та жінок, які годують груддю, трохи вища.

Це дозволяє уникнути негараздів, пов’язаних з нестачею йоду (табл. 5). Слід мати на увазі, що йод майже неможливо накопичити у токсичних дозах у йододефіцитних регіонах протягом тривалого часу, він швидко секретується, через 2–3 дні спостерігаються лише його залишки. Це потребує його поповнення щодня, без перерв. Рекомендованими безпечними дозами йоду вважаються сумарні надходження в середньому на рік в Європі до 500 мкг/день, за рекомендаціями ВООЗ — до 1000 мкг/день, а в Австралії — до 2000 мкг/день. Хронічне надходження більшого дозування може викликати йодизм та асоційовані ризики, що зазвичай пов’язано з вживанням антиаритмічних препаратів, йодних контрастів або розчину Люголя. Слід пам’ятати, що у людей, як у всіх ссавців, еволюційно є значна стійкість до надлишку йоду та низька — до нестачі йоду. Риба та ракоподібні морського походження, морські водорості та морські овочі є найбагатшими харчовими джерелами йоду [12]. Однак у багатьох краї-

Таблиця 5. Фізіологічна потреба організму людини у йоді та рекомендовані дози його вживання

Категорія населення	Вікова група		Вживання йоду, мкг/добу
Середня кількість вживання йоду населенням України			
Мешканці України вжи- вають	Діти		25–50
	Підлітки		30–60
	Дорослі		50–80
Рекомендації щодо необхідних фізіологічних доз йоду			
Дорослі	Американська тиреоїдна асоціація		150 (100–250)
	Європейська тиреоїдна асоціація		Див. критерії ВООЗ
	ВООЗ* (> 12 років)		150
	Інститут медицини США (> 14 років)		
Вагітні	ВООЗ*		250
	Інститут медицини США		220
Матері, які годують груддю	ВООЗ*		250
	Інститут медицини США		290
Діти	ВООЗ*	0–59 місяців	90
		6–12 років	120
	Інститут медицини США	0–6 місяців	110
		7–12 місяців	130
		1–8 років	90
		9–13 років	120
Безпечні дози сумарного добового вживання протягом року			
Населення	Європа		До 500
	ВООЗ		До 1000
	США		До 1000
	Для вагітних жінок (США)		До 500
	Японія		До 1500
	Австралія		До 2000
Дози йоду, які шкодять та викликають розвиток йодіндукованої патології ЩЗ			Понад 1100

Примітка: * — ВООЗ/ЮНІСЕФ/ICCIDD, 2007 [2, 5].

нах, зокрема в Північній Європі та Австралії, молочні продукти, включаючи молоко, сир, йогурт та яйця, є основним джерелом, особливо там, де морепродукти через їх вартість або доступність можуть не мати щоденної переваги [12]. Використання йодованої кухонної солі є обов'язковим в одних країнах і майже повністю відсутнім в інших, наприклад у Великобританії, Ірландії. У країнах, де програмами йодування солі не вдалося досягти 80% охоплення населення, ВООЗ рекомендує приймати дозовані добавки йоду всім вагітним жінкам і немовлятам віком до двох років [12].

Важливим зауваженням про харчування, що повинно бути враховано, є заборона вживання риби та морепродуктів вагітними жінками та матерями, які годують груддю, оскільки ці продукти містять важкі метали в незначній кількості: морська риба та морепродукти — ртуть, а річна — свинець, що є критичним для плода і немовляти, хоча майже не впливає на здоров'я дорослих осіб.

Автоімунний тиреоїдит, який ще називають хронічним лімфоцитарним або тиреоїдитом Хашимото, є частиною спектра хронічних автоімунних захворювань ЩЗ і патогенетично пов'язаний з різними порушеннями її функції, перш за все стійким гіпотиреозом, супроводжується підвищенням рівня антитіл до тиреоїдної пероксидази та антитіл до тиреоглобуліну і лімфоцитарною інфільтрацією. У сучасних дослідженнях та публікаціях показано, що є три принципові сполуки, які дозволяють ЩЗ повноцінно виконувати свої функції, — це йод, селен та вітамін D. Без цих речовин у більшості пацієнтів з генетичною схильністю гарантовано розвинеться гіпотиреоз, гіпертиреоз, вузловий зоб або автоімунний тиреоїдит, особливо коли відзначається їх змішаний дефіцит, що характерно для країн Північної півкулі (Європи). Як вже було зазначено вище, у людей еволюційно є значна стійкість до надлишку йоду та низька — до нестачі йоду, а ЙД завжди супроводжується нестачею селену. Тому важливо комбінувати заходи з поповнення йоду з селеном і вітаміном D, які регулюють діяльність імунної системи та автоімунітету. На цей час не існує жодної міжнародної рекомендації, що обмежує застосування таблетованих препаратів йоду у населення, яке мешкає на йододефіцитних територіях та має низку захворювань ЩЗ, у тому числі гіпертиреоз.

На всій території Європи застосовують йодовану сіль, без обмежень для пацієнтів з автоімунною або іншою тиреоїдною патологією. Існуючі регламентуючі документи підкреслюють, що йодну профілактику слід проводити щодоби безперервно в разі проживання в місцевості, де існує дефіцит мікронутрієнтів.

На сьогодні низка досліджень показує, що застосування надмірних доз йоду може збільшувати розвиток патології ЩЗ, однак не всі вони мають бездоганний дизайн, який враховує інші чинники такої патології. Інші наукові дослідження, навпаки, показують зменшення частоти тиреоїдної патології, раку шлунка і грудних залоз, психічних захворювань завдяки запровадженню йодної профілактики в адекватних дозах. Одночасне вживання йоду, селену і вітаміну D потенційно збільшує ефективність та безпечність такого лікування. Де-

кілька досліджень чітко показали кореляцію між рівнем вітаміну D і автоімунітетом ЩЗ.

Сьогодні в Україні існує препарат, що містить комбінацію йоду (150 мкг) і селену (75 мкг) («ЙоСен», виробник «ОМНІФАРМА») для дорослих осіб. Таке безпечне співвідношення у рекомендованих дозах 4для віку понад 12 років є найбільш оптимальним для профілактики і лікування йододефіцитної патології та станів. Препарат добре зарекомендував себе, є популярним серед лікарів і пацієнтів. Його одночасне та довготривале застосування з препаратами вітаміну D в індивідуальних дозах протягом років з періодичним моніторингом лабораторних показників і ультразвуковим дослідженням ЩЗ дозволяє досягти в більшості випадків зазначених медичних цілей.

Висновки

Таким чином, йодний дефіцит, який є дуже поширеним у країнах світу, особливо у Європі, призводить до значної кількості проблем зі здоров'ям, включаючи психічні, розумові, тиреоїдні та нетиреоїдні в усіх вікових групах. На сьогодні в більшості країн запровадження йодної профілактики призвело того, що понад 60 % територій поборолі ЙД, однак єдина категорія населення навіть в цих країнах, яка ще має такий дефіцит, — вагітні та жінки, які годують груддю. На цей час Україна провалила програми забезпечення населення достатньою кількістю йоду, національні наукові дослідження цієї проблеми не проводяться декілька десятиліть, тому з 2021 р. на мапах йодного статусу Україна вже значиться як «біла пляма».

Тобто йодна профілактика стає особистою проблемою для населення нашої держави, кожен мешканець, який хоче бути здоровим і мати здорове потомство, повинен самостійно цим займатися. Оптимальним шляхом подолання йододефіцитної патології є щоденне вживання комбінації йоду, селену в рекомендованих ВООЗ і вітаміну D в індивідуальних дозах, постійно протягом всього року, з періодичним лабораторним контролем рівнів ТТГ (маркер функції ЩЗ, у тому числі скринінговий), тиреоглобуліну (індивідуальний маркер йодного дефіциту) та вітаміну D (маркер його достатності, що визначає стан кістково-м'язової та паратиреоїдної систем).

Конфлікт інтересів. Не заявлений.

References

1. Baczyk M, Ruchala M, Pisarek M, et al. Iodine prophylaxis in children population on the Wielkopolska Region area from year 1992 to 2005. *Endokrynol Pol.* 2006 Mar-Apr;57(2):110-115. (in Polish).
2. World Health Organization (WHO). *Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers*. 2nd ed. Geneva: WHO-press; 2001. 124 p.
3. Zimmermann MB, Jooste PL, Pandav CS. Iodine-deficiency disorders. *Lancet.* 2008 Oct 4;372(9645):1251-1262. doi:10.1016/S0140-6736(08)61005-3.
4. Zimmermann MB. Salt iodization halves risk of thyrotoxi-

cosis in Denmark. *Nat Rev Endocrinol*. 2019 Nov;15(11):632-633. doi:10.1038/s41574-019-0261-z.

5. World Health Organization (WHO). *Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers*. 3rd ed. Geneva: WHO-press; 2007. 108 p.

6. World Health Organization (WHO). *Sustaining the elimination of iodine deficiency disorders: Resolution WHA58.24*. In: *World Health Organization (WHO). Fifty-eighth World Health Assembly: resolutions and decisions: annex*. 2005, May 16-25; Geneva, Switzerland. Geneva: WHO-press; 2005. 112-113 pp.

7. World Health Organization (WHO). *Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers*. 3rd ed. Geneva: WHO-press; 2007. 108 p.

8. Andersson M, Karumbunathan V, Zimmermann MB. *Global iodine status in 2011 and trends over the past decade*. *J Nutr*. 2012 Apr;142(4):744-750. doi:10.3945/jn.111.149393.

9. Alexander EK, Pearce EN, Brent GA, et al. *2017 Guidelines of the American Thyroid Association for the Diagnosis and Management of Thyroid Disease During Pregnancy and the Postpartum*. *Thy-*

roid. 2017 Mar;27(3):315-389. doi:10.1089/thy.2016.0457.

10. World Health Organization (WHO); International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders (ICCIDD); United Nations Children's Fund (UNICEF). *Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization*. Geneva: WHO-press; 1994. 66 p.

11. Zimmermann MB, Aeberli I, Andersson M, et al. *Thyroglobulin is a sensitive measure of both deficient and excess iodine intakes in children and indicates no adverse effects on thyroid function in the UIC range of 100-299 µg/L: a UNICEF/ICCIDD study group report*. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013 Mar;98(3):1271-1280. doi:10.1210/jc.2012-3952.

12. Smyth PPA. *Iodine, Seaweed, and the Thyroid*. *Eur Thyroid J*. 2021 Apr;10(2):101-108. doi:10.1159/000512971.

Отримано/Received 05.01.2022

Рецензовано/Revised 17.01.2022

Прийнято до друку/Accepted 21.01.2022 ■

Information about author

Oleksiy V. Kaminskyi, MD, PhD, DSc, Head of Radiation Endocrinology Department, State Institution "National Scientific Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-6692-2137>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

O.V. Kaminsky

State Institution "National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

Biomarkers of iodine deficiency, methods of its prevention and treatment

Abstract. The review article focuses on the issue of iodine deficiency, which is very common in the world and leads to a significant number of health problems, including mental, intellectual, thyroid, and non-thyroid in all age groups. Today, in most countries, the introduction of iodine prevention has resulted in more than 60 % of the population overcoming iodine deficiency disorders, but the only category of the population even in these countries that still has such a deficit is pregnant and breastfeeding women. At this time, Ukraine has failed programs to provide the population with sufficient iodine, national research on this problem has not been conducted for several decades, so since 2021, on the maps of iodine status, Ukraine is already listed as a "white spot". Therefore, iodine prevention is becoming a problem for the population of our country, every resident who wants to be healthy and have healthy offspring, must do it yourself. The best way to overcome iodine deficiency pathology is the daily use of a combination of iodine, selenium in WHO recommended and vitamin D in individual doses, constantly throughout the year with periodic

laboratory monitoring of TSH (a marker of thyroid function, including screening), thyroglobulin as an individual marker iodine deficiency, and vitamin D, a marker of wealth, which determines the state of the musculoskeletal and parathyroid systems. Several studies have shown that the use of excessive doses of iodine can increase the development of thyroid pathology, but not all of them have a perfect design that takes into account other factors of such pathology. Today in Ukraine, there is a drug that contains a combination of iodine (150 mcg) and selenium (75 mcg) for adults. This safe ratio in the recommended doses for people aged over 12 years is the most optimal for the prevention and treatment of iodine deficiency pathology and conditions, is well established, popular among physicians and patients. Its simultaneous and long-term use with vitamin D preparations in individual doses over the years with periodic monitoring of laboratory parameters and ultrasound examination of the thyroid gland allows achieving in most cases these medical goals and objectives.

Keywords: iodine deficiency; biomarkers; prevention; treatment