DOI: 10.56871/UTJ.2024.12.51.011
УДК 613.2+616-053.8+303.447.3

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЭССЕНЦИАЛЬНЫМИ БИОЭЛЕМЕНТАМИ ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

© Игорь Игнатьевич Шантырь[1], Мария Владимировна Яковлева[1], Мария Александровна Власенко[1], Наталия Васильевна Макарова[1], Юлия Александровна Фоминых[2, 3], Кямаля Низамитдиновна Наджафова[3]

[1] Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. 197345, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2
[2] Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова. 197341, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2
[3] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2

Контактная информация: Мария Владимировна Яковлева — к.б.н., ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела биоиндикации. E-mail: iakorobok@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9709-8299 SPIN: 3229-4912

Для цитирования: Шантырь И.И., Яковлева М.В., Власенко М.А., Макарова Н.В., Фоминых Ю.А., Наджафова К.Н. Обеспеченность эссенциальными биоэлементами организма взрослого населения г. Санкт-Петербурга // Университетский терапевтический вестник. 2024. Т. 6. № 3. С. 105–115. DOI: https://doi.org/10.56871/UTJ.2024.12.51.011

Поступила: 07.05.2024 ***Одобрена: 22.05.2024*** ***Принята к печати: 28.06.2024***

РЕЗЮМЕ. ***Введение.*** Питание вносит наибольший вклад в обеспечение здоровья и работоспособности человека от суммы всех факторов, влияющих на образ жизни. ***Цель исследования*** — оценить обеспеченность эссенциальными химическими элементами организма взрослых жителей г. Санкт-Петербурга различного пола и возраста. ***Материалы и методы.*** Объектами исследования стали 5857 жителей г. Санкт-Петербурга различного пола и возраста, у которых в течение 10 лет на базе лаборатории элементного анализа отдела биоиндикации ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России определяли в пробах волос концентрацию жизненно необходимых химических элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Для анализа выделены следующие возрастно-половые группы: мужчины и женщины 18–29 лет, 30–44 года, 45–64 года, 65 лет и старше. ***Результаты и выводы.*** Полученные данные свидетельствуют о выраженном дефиците эссенциальных биоэлементов в организме жителей г. Санкт-Петербурга различного пола и возраста. По таким элементам, как кобальт и йод, он выявлен у более 50% и обследованных. Распространенность дефицита в мужской популяции всех элементов, за исключением селена, выше, чем у женщин. С увеличением возраста среди обследованных мужчин постепенно нарастает доля лиц с дефицитом эссенциальных элементов. У обследованных женщин такая закономерность наблюдается только в отношении селена и цинка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: питание, распространенность дисэлементозов, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, элементный анализ

PROVISION OF ESSENTIAL ELEMENTS OF THE ADULT POPULATION OF RESIDENTS OF ST. PETERSBURG

© Igor I. Shantyr[1], Maria V. Yakovleva[1], Maria A. Vlasenko[1], Natalia V. Makarova[1], Yulia A. Fominykh[2, 3], Kyamalya N. Nadzhafova[3]

[1] Center for Emergency and Radiation Medicine named after A.M. Nikiforov. 4/2 Academician Lebedev str., Saint Petersburg 197345 Russian Federation
[2] V.A. Almazov National Medical Research Center. 2 Akkuratov str., Saint Petersburg 197341 Russian Federation
[3] Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Maria V. Yakovleva — Candidate of Biological Sciences, Researcher of scientific and research Department of Bioindications. E-mail: iakorobok@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9709-8299 SPIN: 3229-4912

For citation: Shantyr II, Yakovleva MV, Vlasenko MA, Makarova NV, Fominykh YuA, Nadzhafova KN. Provision of essential elements of the adult population of residents of St. Petersburg. University Therapeutic Journal**.** 2024;6(3):105–115. DOI: https://doi.org/10.56871/UTJ.2024.12.51.011

Received: 07.05.2024 ***Revised:* 22.05.2024** ***Accepted: 28.06.2024***

ABSRTACT. ***Introduction.*** Nutrition makes the greatest contribution to ensuring human health and performance from the sum of all factors affecting lifestyle. ***The aim of the stud***y is to assess the availability of essential chemical elements in the body of adult residents of St. Petersburg of different genders and ages. ***Materials and methods.*** The objects of the study were 5857 residents of St. Petersburg of different genders and ages, in whom, for 10 years, the concentration of vital chemical elements in hair samples was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) on the basis of the laboratory of elemental analysis of the research department of bioindications, of the Center for Emergency and Radiation Medicine named after A.M. Nikiforov of Russia. The following age and sex groups were identified for analysis: men and women 18–29 years old, 30–44 years old, 45–64 years old, 65 years and older. ***Results and conclusions.*** The data obtained indicate a pronounced deficiency of essential bioelements in the body of residents of St. Petersburg of different genders and ages. For elements such as cobalt and iodine, it was detected in 50% or more of the surveyed. The prevalence of deficiency in the male population of all elements, with the exception of selenium, is higher than in women. With increasing age, the proportion of men with a deficiency of essential elements is gradually increasing among the surveyed men. In the examined women, this pattern is observed only with respect to selenium and zinc.

KEYWORDS: nutrition, prevalence of dyselementosis, inductively coupled plasma mass spectrometry, elemental analysis

ВВЕДЕНИЕ

По результатам многолетнего опыта работы в области профилактической медицины можно с удовлетворением отметить, что за последние годы принципиально изменилось сознание многих людей в отношении ответственности за собственное здоровье. Многие поняли, что важнее своевременно предупредить заболевание, чем его лечить, и что без личного активного участия в поддержании и укреплении собственного здоровья эффекта ждать не приходится.

По мнению многих специалистов, состояние здоровья человека до 85% зависит от характера его питания. Среди пищевых факторов, имеющих особое значение для поддержания здоровья, качества и продолжительности жизни человека, важнейшая роль принадлежит микронутриентам [14, 18].

Обеспечение адекватного питания — достаточно сложная задача, если учесть, что дефицит эссенциальных микронутриентов, относящихся к незаменимым факторам питания, согласно данным сотрудников Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Института питания РАМН, выявляется у всех категорий россиян [17, 21].

В последние годы важность исследования биоэлементного статуса человека существенно возрастает, что связано с рядом причин. Во-первых, все больше накапливается научных данных о заинтересованности биоэлементного обмена при различных соматических патологиях. Во-вторых, качество питания современного человека претерпевает существенные изменения не в лучшую сторону и далеко от нормального. В-третьих, появились современные методы аналитической химии (атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой), которые существенным образом расширили как спектр исследуемых элементов, так и точность их количественного определения.

Организм человека включает практически все химические элементы, содержание которых крайне мало, однако оказываемые ими биологические эффекты трудно переоценить. На фоне большого количества классификаций биоэлементов на практике наиболее часто используются две: количественная (макро-, микро- и ультрамикроэлементы) и в зависимости от биологической роли (эссенциальные и токсичные).

В организме химические элементы находятся преимущественно в виде координационных соединений, избыточное образование или недостаток которых может приводить к нарушению так называемого металло-лигандного гомеостаза с последующим проявлением в виде патологических изменений. Для обозначения всех патологических процессов, вызванных дефицитом, избытком или дисбалансом макро- и микроэлементов, введено понятие «микроэлементоз» [1]. Они довольно широко распространены во всем мире.

В целом изменение баланса биоэлементов приводит к нарушению системы гомеостаза и вызывает различные патологические процессы в организме как динамического, так и стойкого характера.

В монографиях подробно представлены данные о биологической роли отдельных биоэлементов [9, 13, 16]. В обобщенном виде можно констатировать, что биоэлементы непосредственно входят в состав или активизируют действие ферментов, гормонов, витаминов и, таким образом, участвуют во всех видах обмена веществ. Дефицит жизненно необходимых элементов способствует росту частоты заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, кожи, костно-мышечной и других систем организма [5, 6, 8]. Из изложенного следует, что выявление и оценка отклонений в обмене макро- и микроэлементов, их последующая коррекция, позволяют активно проводить профилактические мероприятия по сохранению здоровья населения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить обеспеченность жизненно необходимыми химическими элементами организма взрослых жителей г. Санкт-Петербурга различного пола и возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования стали 5857 (1960 мужчин и 3897 женщин) взрослых жителей г. Санкт-Петербурга различного возраста, у которых на протяжении 10 лет на базе лаборатории элементного анализа отдела биоиндикации ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России определяли в пробе волос концентрацию эссенциальных химических элементов.

Согласно рекомендациям [12], исходя из физиологических характеристик организма (изменения скорости роста, физической активности, состава тела, характера питания) были выделены следующие возрастно-половые группы: 18–29 лет (мужчин — 427, женщин — 808), 30–44 года (мужчин — 790, женщин — 1564), 45–64 года (мужчин — 586, женщин — 1265), 65–74 года (мужчин — 157, женщин — 260).

В качестве материала для исследования обеспеченности организма незаменимыми химическим элементами служили пробы волос, которые, согласно исследованиям авторов [10, 15], не реагируют на кратковременные изменения в питании и способны отражать картину обеспеченности химическими элементами организма на протяжении нескольких месяцев. В отличие от внутренних (жидких) биосред организма содержание элементов в волосах менее подвержено жесткому гомеостатическому контролю, что предопределяет преимущества использования элементного анализа волос в гигиенических исследованиях, в диагностике донозологических состояний и раннем выявлении патологических изменений в организме [15]. Образцы волос получали путем состригания с 3–5 участков затылочной части головы в количестве не менее 0,1 г. Для элементного анализа волос использовали проксимальные части прядей длиной до 3 см.

Все образцы волос подвергались пробоподготовке в соответствии с методическими указаниями, утвержденными главным государственным санитарным врачом Российской Федерации [11]. В частности, полученные образцы волос обрабатывали ацетоном для обезжиривания и удаления посторонних включений в течение 10–15 минут и трижды промывали дистиллированной водой. Затем образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре 60 °С до воздушно-сухого состояния. На аналитических весах брали навеску высушенных и измельченных волос массой 0,1 г. Полученную навеску волос помещали в пластиковую градуированную пробирку и добавляли 1 мл азотной кислоты. Образец выдерживали в пробирке на водяной бане в

течение 1 часа. Затем пробирку охлаждали до комнатной температуры, и объем раствора доводили бидистиллированной водой до 10 мл.

Наиболее чувствительным методом, позволяющим определять содержание элементов в пробе в диапазоне концентраций 10^{-6}–10^{2} мг/л, является масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой [19].

Анализ образцов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой на приборе Agilent7900 ICP-MS (США), который позволял исследовать концентрацию следующих элементов: кальций (Ca), кобальт (Co), хром (Cr), медь (Cu), железо (Fe), йод (I), калий (K), магний (Mg), марганец (Mn), молибден (Mo), никель (Ni), фосфор (P), селен (Se), цинк (Zn), кремний (Si), германий (Ge).

В качестве критериев оценки обеспеченности организма жизненно необходимыми химическими элементами использовали международные нормы и референтные интервалы для взрослого населения, полученные в научно-исследовательской лаборатории элементного анализа ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России.

Обработку результатов проводили при помощи лабораторной информационной системы qLIS «СПАРМ» и статистических программ Excel 2000 и STATISTICA 10.0. Данные в тексте и таблицах представлены в виде медианы (Me) [q25; q75]. Значимость различий при парных сравнениях оценивали с помощью U-критерия Манна–Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены результаты исследования концентрации эссенциальных химических элементов в пробах волос обследованного взрослого населения г. Санкт-Петербурга. В таблице приведены значения только тех биоэлементов, которых наиболее часто недостает в организме населения.

Из представленных обобщенных данных следует, что по ряду элементов выявлены статистически значимые гендерные различия. В частности, в пробах мужчин выше медианные значения концентрации калия и селена, а у женщин — железа, кальция, кобальта, магния и меди. Это без учета возраста обследованных.

Одновременно обращает на себя внимание тот факт, что медианные значения концентрации таких элементов, как йод и кобальт независимо от пола обследованных располагаются ниже референтного интервала, а концентрация селена — в районе нижнего предела.

Таблица 1

Содержание эссенциальных химических элементов в пробе волос обследованных взрослых жителей различного пола г. Санкт-Петербурга, мкг/г

Table 1

The content of essential elements in the hair sample of the examined adult residents of different sexes of St. Petersburg, μg/g

Элемент / Element	Референтный интервал / Reference interval	Мужчины / Men n=1960	Женщины / Women n=3897	p
		Me [q25; q75]	Me [q25; q75]	
Железо / Fe	10,0–50,0	27,6 [16,1; 42,2]	33,1 [20,0; 46,6]*	0,000
Йод / I	0,1–4,2	0,1 [0,05; 0,20]	0,1 [0,06; 0,24]	0,500
Калий / K	30,0–460,0	118,8 [61,0; 291,4]	81,8 [50,4; 166,2]*	0,020
Кальций / Ca	300,0–1700,0	416,4 [304,4; 649,1]	1194,9 [516,8; 2251,2]*	0.000
Кобальт / Co	0,05–0,50	0,022 [0,014; 0,050]	0,035 [0,020; 0,060]*	0,040
Магний / Mg	25,0–140,0	38,7 [25,3; 67,4]	120,9 [53,7; 220,6]*	0,000
Медь / Cu	5.7–15,0	9,5 [7,2; 12,8]	10,8 [7,9; 14,2]*	0,030
Селен / Se	0,5–2,2	0,54 [0,31; 0,76]	0,51 [0,26; 0,71]*	0,030
Хром / Cr	0,15–2,00	0,56 [0,30; 1,10]	0,53 [0,28; 1,10]	0,700
Цинк / Zn	75,0–230,0	97,8 [75,2; 146,6]	99,2 [75,7; 153,5]	0,600

* Здесь и далее $p < 0,05$.
* Here and further $p < 0,05$.

Таблица 2

Доля обследованных мужчин и женщин г. Санкт-Петербурга с дефицитом отдельных эссенциальных элементов в пробе волос, %

Table 2

Proportion of those examined men and women of St. Petersburg with deficiency of individual essential elements in the hair samples, %

Пол / Gender	Эссенциальные элементы / Essential elements									
	Fe	I	K	Ca	Co	Mg	Cu	Se	Cr	Zn
Мужчины / Men	2,9	49,2	5,1	21,7	70,3	20,8	7,6	38,7	2,7	23,5
Женщины / Women	1,7	46,6	4,9	6,2	53,6	5,5	3,8	46,4	2,1	22,1

Таблица 3

Концентрация эссенциальных химических элементов в пробе волос обследованных мужчин и женщин различного возраста г. Санкт-Петербурга, Me, мкг/г

Table 3

The content of essential elements in the hair sample in men and women of different ages in St. Petersburg, Me, μg/g

Элемент / Element	18–29 лет		30–44 года		45–64 года		65–74 года	
	Мужчины / Men, n=427	Женщины / Women, n=808	Мужчины / Men, n=790	Женщины / Women, n=1654	Мужчины / Men, n=586	Женщины / Women, n=1265	Мужчины / Men, n=157	Женщины / Women, n=260
Fe	**28,1***	32,8	**28,0***	33,7	**26,9***	33,9	26,2	28,9
I	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1	**0,07***	0,1
K	**97,2***	69,2	**118,0***	75,3	**136,5***	93,6	**125,5***	111,9
Ca	**442,6***	690,0	**414,4***	1059	**416,4***	1976,3	**342,7***	808,9
Co	0,02	0,03	**0,02** *	0,04	**0,02***	0,05	0,02	0,03
Mg	**38,4***	72,2	**40,2***	114,4	**38,6***	183,0	**33,6***	95,1
Cu	9,3	10,5	10,0	10,9	**9,5***	11,0	**8,6***	10,6
Se	0,55	0,52	0,56	0,51	0,51	0,42	0,50	0,50
Cr	0,56	0,56	0,54	0,53	0,61	0,50	**0,63***	0,50
Zn	111,9	103,7	106,7	103,4	**87,9***	96,7	**78,2***	94,0

* Здесь и далее p <0,05 между мужчинами и женщинами в данной возрастной группе.
* Here and further p <0.05 between men and women in this age group.

Анализ распространенности дефицита данных биоэлементов подтверждает выявленный факт (табл. 2).

Как следует из данных таблицы 2, наибольший дефицит кобальта выявлен у 70,3% обследованных мужчин и 53,6% женщин, менее выражен дефицит йода (49,2 и 46,6% соответственно) и селена (38,7 и 46,4%).

В результате анализа возрастных и половых особенностей в обеспечении эссенциальными биоэлементами выявлены существенные различия (табл. 3).

Выявлены значительные статистически значимые гендерные различия концентрации отдельных биоэлементов в каждой анализируемой возрастной группе. В частности:

- концентрация железа в пробах мужчин ниже, чем у женщин во всех возрастных группах, кроме группы 65–74 года;
- концентрация калия в пробах мужчин достоверно выше во всех возрастных группах;
- концентрация кальция и магния в пробах женщин существенно больше во всех анализируемых возрастных группах;
- концентрация меди и цинка в возрастных группах старше 45 лет в пробах мужчин статистически достоверно ниже по сравнению с пробами женщин.

Как следует из представленных данных таблицы 3, медианные значения концентрации большинства представленных элементов

не имеют выраженной возрастной динамики. Исключения составляют концентрация кальция и цинка у мужчин, показатели которых с возрастом неуклонно снижаются. У женщин менее выраженная возрастная отрицательная динамика медианных значений. Это касается, прежде всего, концентрации цинка, селена и хрома.

Описанные особенности гендерной и возрастной динамики медианных значений концентрации отдельных биоэлементов не могли не проявиться и в результатах анализа распространенности их дефицита в возрастном аспекте (рис. 1).

Среди обследованных мужчин с увеличением возраста нарастает частота выявления дефицита микроэлементов с выраженным максимумом в возрастной группе 65–74 года.

У обследованных женщин такой выраженной возрастной динамики распространенности дефицита отдельных биоэлементов не наблюдается. Можно отметить постепенное повышение с возрастом доли лиц с дефицитом селена и цинка. Обратная тенденция выявлена относительно распространенности дефицита кобальта, кальция и магния, только в возрастной группе 65–74 года этот показатель максимальный (рис. 1).

Представленные результаты определения концентрации эссенциальных биоэлементов в пробах волос взрослого населения мегаполиса позволяют констатировать распростра-

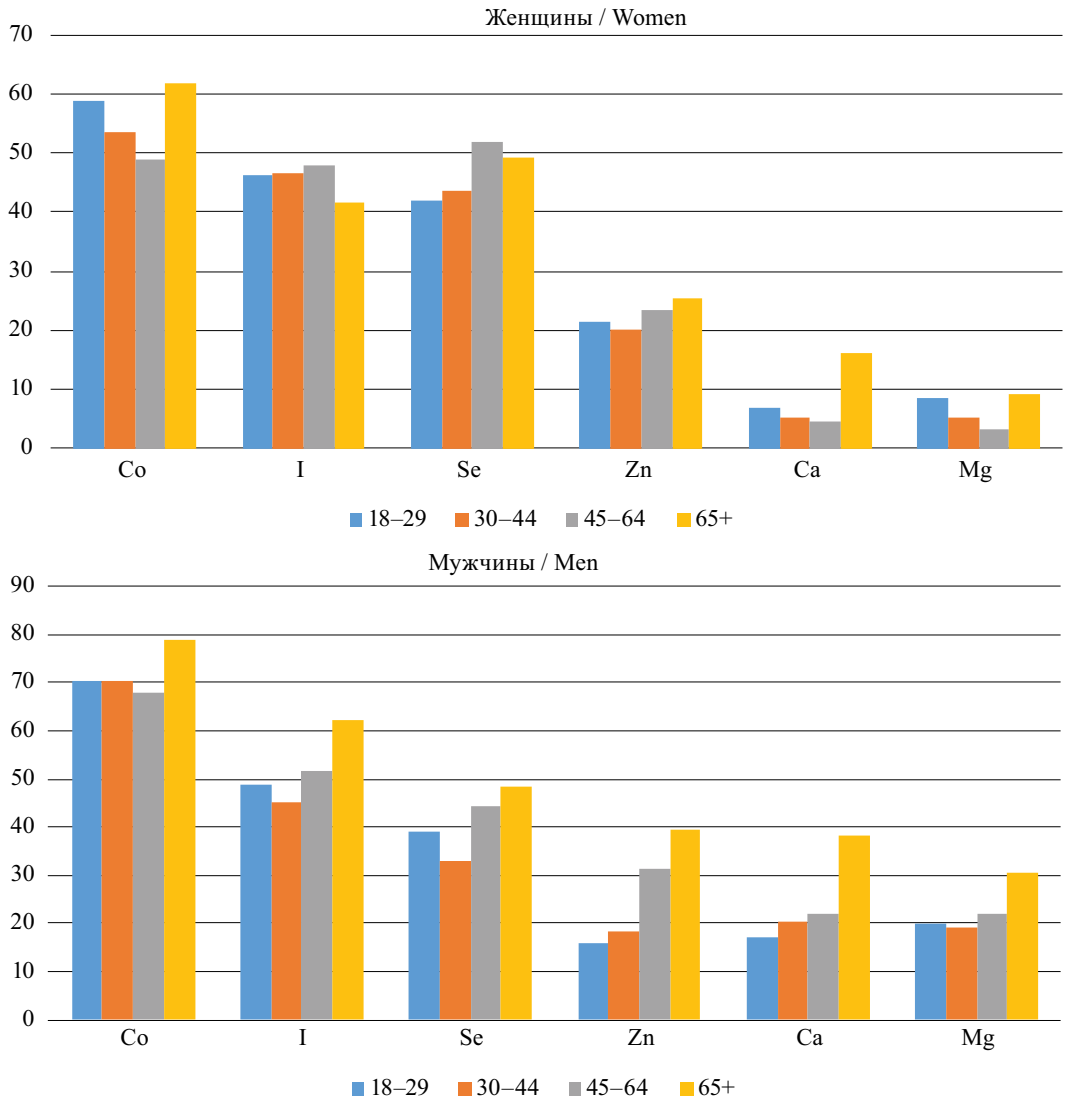


Рис. 1. Доля обследованных мужчин и женщин г. Санкт-Петербурга с дефицитом отдельных элементов в пробах волос в зависимости от возраста, %

Fig. 1. Proportion of those examined men and women of St. Petersburg with deficiency of individual essential elements in the hair sample depending on age, %

ненность гипоэлементозов, под которыми понимают состояния выраженного снижения содержания жизненно необходимых химических элементов в организме, вызывающего появление ряда неспецифических клинических симптомов. Разнообразие клинических проявлений дисэлементозов объясняется активным участием ионов данных металлов в образовании биолигандов в хелатной форме, которые являются основой широкого спектра метаболитов, обеспечивающих гомеостаз организма [4, 5, 20].

Многие исследователи детализируют биологические точки приложения отдельных металл-лигандов и клинические проявления дефицита отдельных биоэлементов, которые носят вероятностный характер и могут быть устранены путем включения в рацион питания продуктов с их большим содержанием [2, 7, 9, 13, 22, 23]. В обобщенном виде авторы перечисляют следующие свойства биоэлементов и, в случае их дефицита, возможные биологические проявления.

Кобальт, входящий в активный центр кобаламинов, главный из которых— витамин B_{12}, участвует в ферментативных процессах и образовании гормонов щитовидной железы, повышает усвоение железа и синтез гемоглобина, стимулирует эритропоэз, влияет на синтез белков, является составной частью молекулы витамина B_{12}. При его дефиците наблюдаются слабость, утомляемость, атрофия мышечных тканей, снижение памяти, вегетососудистая дистония, анемии, аритмии, медленное выздоровление, нарушение менструального цикла.

Йод концентрируется в щитовидной железе, где вступает в ковалентную связь аминокислотой тирозином и образует гормоны щитовидной железы, которые взаимодействуют с поверхностными рецепторами всех клеток организма человека. Отсюда такая широкая палитра влияния йода на обмен веществ: стимулирует тканевое дыхание и синтез белка, регулирует скорость биохимических реакций, обмена энергии, определяет температуру тела, участвует в регуляции белкового, жирового, водно-электролитного и витаминного обменов. При дефиците йода наблюдается увеличение выделения и выведения гормонов щитовидной железы, формирование зоба, гипотиреоз, сонливость, отеки лица и туловища, брадикардия, запоры.

Селен стимулирует обмен веществ, входит в состав основных антиоксидантных соединений, интенсивно защищает организм от вредных соединений, участвует в нормальном иммунном ответе. При дефиците селена возможны дерматит, экзема, выпадение волос, дистрофия ногтей, снижение иммунитета, опухоли, миокардиодистрофия, нарушение функции печени, мужское бесплодие, катаракта, ишемическая болезнь сердца (ИБС) и другие заболевания сердечно-сосудистой системы.

Цинк участвует в синтезе белка, дифференцировке клеток, формировании Т-клеточного иммунного ответа и определяет эффективность противоопухолевого ответа, способствует регенерации кожи, синтезу половых гормонов, всасыванию витамина Е, стабилизации клеточных мембран. При недостаточной концентрации цинка отмечаются слабость, утомляемость, раздражительность, депрессивные состояния, снижение зрения, диарея, снижение веса, расслоение ногтей, тусклые волосы и их выпадение, снижение инсулина, импотенция, частые простуды вследствие сниженного иммунитета, анемия, лимфоцитопения, ускоренное старение, ослабление функции предстательной и поджелудочной желез, печени, снижение либидо.

Кальций участвует в регуляции внутриклеточных процессов, определяет проницаемость мембран, характер нервной проводимости и мышечных сокращений, вносит вклад в стабилизацию сердечной деятельности, играет важную роль в процессах свертывания крови. Основная роль кальция — организация целостной скелетной системы. При его дефиците организм эвакуирует его из костей, что постепенно будет приводить к снижению минеральной плотности костной ткани (остеопении) и повышению риска переломов. Кроме того, при дефиците кальция могут наблюдаться утомляемость, судороги в мышцах, мочекаменная болезнь, нарушения иммунитета, кровоточивость.

Магний — важнейший внутриклеточный элемент, который включен не менее чем в 300 ферментов и участвует в синтезе белка и нуклеиновых кислот, обмене белков, жиров и углеводов, утилизации энергии, уменьшает возбудимость нейронов и замедляет нейромышечную передачу. Для его дефицита характерны общая слабость, утомляемость, потеря аппетита, раздражительность, запоры, тошнота, стенокардия, гипертоническая болезнь, истощение надпочечников, судороги мышц, начальные стадии сахарного диабета, признаки мочекаменной и желчнокаменной болезни, нарушения сердечного ритма.

Медь входит в состав многих витаминов, гормонов, ферментов, участвует в обмене

веществ и тканевом дыхании, формировании костей, сухожилий, образовании коллагена, тормозит распад гликогена в печени, способствует усвоению железа. Она входит в состав активных центров множества ферментов — цитохромоксидазы, галактозидазы, супероксиддисмутазы, ксантиноксидазы и др. При дефиците меди можно наблюдать торможение всасывания железа, угнетение кроветворения и образования гемоглобина, гипохромную анемию, ишемическую болезнь сердца, остеопороз, нарушение пигментации волос, увеличение щитовидной железы, задержку полового развития, бесплодие, нарушение менструальной функции и липидного обмена, угнетение иммунитета, гиперхолестеринемию и кардиопатию.

Калий как основной внутриклеточный катион формирует трансмембранный потенциал и гомеостаз, участвует в передаче импульса нервной и мышечной ткани, регулирует деятельность сердца, выделительную функцию почек, обмен белков и углеводов. При его дефиците возможны утомляемость, депрессия, снижение адаптационных резервов, функциональные нарушения в миокарде, изменение ритма сердечных сокращений, сердечная недостаточность, отклонения артериального давления, сухость кожи, ломкость волос, атония кишечника, эрозивный гастрит, учащенное мочеиспускание, невынашивание беременности.

Железо играет очень важную роль в организме человека, так как от него зависит транспорт (гемоглобин), хранение (миоглобин), и использование (цитохромы, цитохромоксидаза, негемовые железосодержащие белки) кислорода для дыхания. Оно также является абсолютно необходимым компонентом активных центров многих ферментов (аконитаза, пролингидроксилаза), включая фермент антиоксидантной защиты — каталазу. Следовательно, данный элемент важен в процессах энергообеспечения, иммунитета, метаболизма холестерина. Основные проявления дефицита железа — слабость, утомляемость, железодефицитная анемия, снижение внимания и памяти, учащенное сердцебиение, растрескивание в уголках рта, ломкость и деформация ногтей, угнетение иммунитета, частые простудные заболевания. Дефицит железа может быть и без анемии.

Хром участвует в регуляции синтеза жиров и обмена углеводов, обеспечивает поддержание уровня глюкозы в крови, регулирует работу сердца и кровеносных сосудов. Возможные проявления дефицита хрома — утомляемость, беспокойство, невралгии, головные боли, дрожь в конечностях, повышенный холестерин, изменение массы тела, снижение толерантности к глюкозе, риск развития сахарного диабета, нарушение репродуктивной функции у мужчин, снижение стрессоустойчивости.

Как следует из представленных данных, практически нет специфических проявлений дефицита отдельных химических элементов, что подтверждает их участие в разнообразных метаболических процессах. Кроме того, точная диагностика обеспеченности организма биоэлементами возможна только с помощью лабораторных исследований.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование концентрации эссенциальных химических элементов в пробах волос взрослых жителей г. Санкт-Петербурга различного пола и возраста позволило установить следующее.

1. Дефицит жизненно необходимых химических элементов широко распространен среди жителей нашего мегаполиса. По таким элементам, как кобальт и йод, он выявлен у более 50% обследованных.

2. Распространенность дефицита в мужской популяции всех элементов, за исключением селена, выше, чем у женщин.

3. Выявлена распространенность дефицита следующих биоэлементов у более чем 20% обследованных независимо от возраста:

- среди мужчин — кобальта (70,3%), йода (49,2%), селена (38,7%), цинка (23,5%), кальция (21,7%), магния (20,8%);
- среди женщин — кобальта (53,6%), йода (46,6%), селена (46,4%), цинка (22,2%).

4. С увеличением возраста среди обследованных мужчин постепенно нарастает доля лиц с дефицитом эссенциальных элементов. У обследованных женщин такая закономерность наблюдается только в отношении селена и цинка. В этой гендерной группе дефицит кобальта, кальция и магния с возрастом постепенно снижается, но резко возрастает и достигает максимума в возрастной группе 65 лет и старше, что можно, вероятно, объяснить физиологическими особенностями женского организма.

ПОДХОДЫ К КОРРЕКЦИИ ДИСЭЛЕМЕНТОЗОВ

Микроэлементная коррекция в современной практической медицине приобретает все больше сторонников, убежденных в жизнен-

ной необходимости восполнения дефицита эссенциальных микроэлементов для успешного излечения пациентов с различной патологией [3]. Для успешной коррекции таких состояний следует оптимизировать рацион питания, при необходимости добавлять к терапии препараты, содержащие недостающие организму элементы.

Для лечения заболеваний, обусловленных дефицитом йода, в настоящее время имеется большой арсенал средств, которые, наряду с гормонами щитовидной железы, назначаются только эндокринологами. Применение комплексных препаратов, в которые входят другие микроэлементы (селен, медь, кобальт), витамины, достаточное потребление полноценных белков повышают утилизацию йода щитовидной железой.

Магний содержится во многих доступных продуктах питания, которые рекомендуется употреблять для профилактики его дефицита. К ним относятся арбузы, абрикосы, ревень, бананы, сухофрукты, различные орехи, шоколад, листовая зелень, капуста брокколи, геркулес, гречка, пшено, перловая крупа, зерновой и отрубной хлеб, морская рыба, мясо, разнообразные растительные масла и др.

К продуктам так называемой калиевой диеты относятся картофель, гречка, сухофрукты, абрикосы, изюм, тыква, кабачки, арбуз, томаты, черника, вишня, слива, грибы, морковь, кукуруза, листовая зелень, топинамбур, хрен, чай, бурый рис, молоко и молочные продукты, зародыши злаков и др.

Медью богаты груша, земляника лесная, крыжовник, смородина, цитрусовые, яблоки, бобовые, грибы, капуста, морковь, перец болгарский, ревень, репа, свекла, молочные продукты, морепродукты (криль, мидии, рыба, капуста), пивные дрожжи, мясо, различные орехи, семя тыквы, подсолнечника, крапива и др.

Достаточное количество цинка содержится в красном мясе, субпродуктах, морепродуктах, молоке, пивных дрожжах, твороге, сыре, сухих сливках, чернике, неочищенном или буром рисе, зерновом хлебе и др.

При кальцийдефицитных состояниях необходимо потребление свежего молока, кисломолочных продуктов, творога, сыра, бобовых (соя, фасоль и др.), сухофруктов, свежих фруктов, соков без консервантов и сахара, листовой зелени, отрубного хлеба, мяса, рыбы и др.

Что касается селена, он содержится в кокосе, фисташках, орехах кешью, белых грибах, в бобовых, мясе, говяжьем сердце, печени, пивных дрожжах, морепродуктах, оливках, маслинах, шоколаде.

Для восполнения дефицита кобальта рекомендуется черемуха, шиповник, говяжья печень, бобовые, речная рыба, «серые» каши (гречневая, овсяная, перловая, пшеничная), яйца, свекла, черная смородина, малина, болгарский перец и др.

Большое содержание магния в кокосах, крыжовнике, малине, чернике, ревене, пивных дрожжах, шоколаде, топинамбуре, различных орехах, семенах тыквы и подсолнечника, проросших пшеничных зернах.

Дефицит хрома можно корректировать введением в рацион питания печени, сыра, бобовых, пивных дрожжей, яиц, морепродуктов (рыба, креветки, крабы), зернового и отрубного хлеба, каш из цельного зерна, листовой зелени [3].

Разнообразие рациона во многом определяет обеспеченность организма биоэлементами, поэтому осознанный подход к питанию является важнейшим условием сохранения здоровья человека.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. The study had no sponsorship. The authors declare funding for this research from their own funds.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина; 1991.
2. Баранова А., Кардакова М. Что мы знаем (и не знаем) о еде. Научные факты, которые перевернут ваши представления о питании. М.: Манн, Иванов и Фербер; 2023.
3. Бахтина Г.Г., Ленько О.А., Суханова С.Е Микроэлементозы человека и пути коррекции их дефицита. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2007;4:82–89.
4. Барашков Г.К. Теоретические и клинические аспекты дисбаланса микроэлементов. Биомедицинская химия. 2004;50(1):115–116.
5. Боев В.М. Микроэлементы и доказательная медицина. М.: Медицина; 2005.
6. Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Бульбан А.П. Основы биоэлементологии. Учебное пособие. Магадан: СВГУ; 2007.
7. Калетина Н.И., Калетин Г.И. Микроэлементы — биологические регуляторы. М.: Наука в России. изд. РАН. 2007;1:12–19.
8. Колесниченко Л.С. Микро- и ультрамикроэлементы: Mn, F, I, se, Cr, Mo, Co (лекция 5). Сибирский мед. журнал. 2005;4:94–99.
9. Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в иммунологии и онкологии. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007.
10. Лисицкая Л.Г. Методологические вопросы анализа микроэлементов в биосредах. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2005;1:168–173.
11. Методические рекомендации. Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосубстратах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. 2006.
12. Методические рекомендации «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». 2021.
13. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическаая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука; 2008.
14. Родионов Г.Г., Шантырь И.И., Светкина Е.В., Колобова Е.А., Фоминых Ю.А., Наджафова К.Н. Обеспеченность жирорастворимыми витаминами организма взрослого населения жителей г. Санкт-Петербурга. Университетский терапевтический вестник. 2024;6(2):128–139. DOI: https://doi.org/10.56871/UTJ.2024.17.90.014.
15. Скальная М.А. Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса. Автореф. дис. … докт. мед. наук. М.; 2005.
16. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век-Мир; 2004.
17. Спиричев В.Б. Медико-биологические аспекты обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Федеральные и региональные аспекты политики здорового питания. Новосибирск; 2002.
18. Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Микронутриенты в питании здорового и больного человека. М.: Колос; 2002.
19. Elliott S., Knowles M., Kalinitchenko I. A new direction in ICP-MS. J. Spectroscopy. 2004;19(1):30–38.
20. Beckett G., Arthur J. Selenium and endocrine system.J. Endocrinol. 2005;184(3):455–465.
21. Global prevalence of vitamin A defiance in populations at risk 1995–2005. WHO; 2005.
22. Hasegawa S., Koshikawa M., Takahashi I. et al. Alterations in manganese, copper, and zinc contents, and intracellular status of the metal — containing superoxide dismutase in human mesothelioma cells. J. Trace Elem. Med. and Biol. 2008;22(3):248–255.
23. Moncayo R., Kroiss A., Oberwinkler M. et al. The role of selenium, vitamin C, and zinc in benign thyroid diseases and of selenium in malignant thyroid diseases: Low selenium levels are found in subacute and silent thyroiditis and in papillary and follicular carcinoma. BMC Endocrine Disorders. 2008;8(2):1–12.

REFERENCES

1. Avcyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikaciya, organopatologiya. [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moscow: Medicina; 1991. (in Russian).
2. Baranova A., Kardakova M. Chto my znaem (i ne znaem) o ede. Nauchnye fakty, kotorye perevernut vashi predstavleniya o pitanii. [What we know (and don't know) about food. Scientific facts that will turn your ideas about nutrition upside down]. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber Publ.; 2023. (in Russian).
3. Bahtina G.G., Len'ko O.A., Suhanova S.E Mikroelementozy cheloveka i puti korrekcii ih deficit. [Human trace elements and ways to correct their deficiency]. Patologiya krovoobrashcheniya i kardiohirurgiya. 2007;4:82–89. (in Russian).
4. Barashkov G.K. Teoreticheskie i klinicheskie aspekty disbalansa mikroelementov. [Theoretical and clinical aspects of the imbalance of trace elements]. Biomedicinskaya himiya. 2004;50(1):115–116. (in Russian).

5. Boev V.M. Mikroelementy i dokazatel'naya medicina. [Microelements and evidence-based medicine]. Moscow: Medicina; 2005. (in Russian).
6. Gorbachev A.L., Lugovaya E.A., Bul'ban A.P. Osnovy bioelementologii. Uchebnoe posobie. [Microelements and evidence-based medicine]. Magadan: SVGU Publ.; 2007. (in Russian).
7. Kaletina N.I., Kaletin G.I. Mikroelementy — biologicheskie regulyatory. [Microelements — biological regulators]. Moscow: Nauka v Rossii. izd. RAN. 2007;1:12–19. (in Russian).
8. Kolesnichenko L.S. Mikro- i ul'tramikroelementy: Mn, F, I, se, Cr, Mo, Co (lekciya 5). [Micro- and ultramicroelements: Mn, F, I, se, Cr, Mo, Co (lecture 5)]. Sibirskij med. zhurnal. 2005;4:94–99. (in Russian).
9. Kudrin A.V., Gromova O.A. Mikroelementy v immunologii i onkologii. [Trace elements in immunology and oncology]. Moscow: GEOTAR-Media; 2007. (in Russian).
10. Lisickaya L.G. Metodologicheskie voprosy analiza mikroelementov v biosredah. [Methodological issues of the analysis of trace elements in biological media]. Byulleten' VSNC SO RAMN. 2005;1:168–173. (in Russian).
11. Metodicheskie rekomendacii. Metodika opredeleniya mikroelementov v diagnostiruemyh biosubstratah metodom mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoj plazmoj. [The method of determination of trace elements in the diagnosed biosubstrates by inductively coupled plasma mass spectrometry]. 2006. (in Russian).
12. Metodicheskie rekomendacii "Normy fiziologicheskih potrebnostej v energii i pishchevyh veshchestvah dlya razlichnyh grupp naseleniya Rossijskoj Federacii". [Methodological recommendations "Norms of physiological energy and nutritional requirements for various population groups of the Russian Federation"]. 2021. (in Russian).
13. Oberlis D., Harland B., Skal'nyj A. Biologicheskaaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnyh. [The biological role of macro- and microelements in humans and animals]. Saint Petersburg: Nauka; 2008. (in Russian).
14. Rodionov G.G., Shantyr' I.I., Svetkina E.V., Kolobova E.A., Fominyh Yu.A., Nadzhafova K.N. Obespechennost' zhirorastvorimymi vitaminami organizma vzroslogo naseleniya zhitelej g. Sankt-Peterburga. [Provision of fat-soluble vitamins in the body of the adult population of residents of St. Petersburg]. Universitetskij terapevticheskij vestnik. 2024;6(2):128–139. DOI: https://doi.org/10.56871/UTJ.2024.17.90.014. (in Russian).
15. Skal'naya M.A. Gigienicheskaya ocenka vliyaniya mineral'nyh komponentov raciona pitaniya i sredy obitaniya na zdorov'e naseleniya megapolisa. [Hygienic assessment of the influence of mineral components of the diet and habitat on the health of the population of a megalopolis]. Avtoref. dis. … dokt. med. Nauk. Moscow; 2005. (in Russian).
16. Skal'nyj A.V., Rudakov I.A. Bioelementy v medicine. [Bioelements in medicine]. Moscow: Oniks 21 vek-Mir Publ.; 2004. (in Russian).
17. Spirichev V.B. Mediko-biologicheskie aspekty obogashcheniya pishchevyh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami. Federal'nye i regional'nye aspekty politiki zdorovogo pitaniya. [Medical and biological aspects of food fortification with vitamins and minerals. Federal and regional aspects of healthy nutrition policy]. Novosibirsk; 2002. (in Russian).
18. Tutel'yan V.A., Spirichev V.B., Suhanov B.P., Mikronutrienty v pitanii zdorovogo i bol'nogo cheloveka. [Micronutrients in the diet of a healthy and sick person]. Moscow: Kolos; 2002. (in Russian).
19. Elliott S., Knowles M., Kalinitchenko I. A new direction in ICP-MS. J. Spectroscopy. 2004;19(1):30–38.
20. Beckett G., Arthur J. Selenium and endocrine system. J. Endocrinol. 2005;184(3):455–465.
21. Global prevalence of vitamin A defiance in populations at risk 1995–2005. WHO; 2005.
22. Hasegawa S., Koshikawa M., Takahashi I. et al. Alterations in manganese, copper, and zinc contents, and intracellular status of the metal – containing superoxide dismutase in human mesothelioma cells. J. Trace Elem. Med. and Biol. 2008;22(3):248–255.
23. Moncayo R., Kroiss A., Oberwinkler M. et al. The role of selenium, vitamin C, and zinc in benign thyroid diseases and of selenium in malignant thyroid diseases: Low selenium levels are found in subacute and silent thyroiditis and in papillary and follicular carcinoma. BMC Endocrine Disorders. 2008;8(2):1–12.