

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

**ЭССЕНЦИАЛЬНЫЕ МИКРО-И УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТЫ
В ПИТАНИИ ВЕГЕТАРИАНЦЕВ И ВЕГАНОВ.
ЧАСТЬ 2. ЙОД, СЕЛЕН, ХРОМ, МОЛИБДЕН, КОБАЛЬТ**

А.В. Гальченко^{1,2*}, А.М. Назарова¹

¹ ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Представлен краткий обзор физиологии эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов и обеспеченности ими вегетарианцев (людей, не употребляющих мясо и рыбу) и веганов (тех, кто полностью исключил продукты животного происхождения из рациона). На обеспеченность веганов и вегетарианцев эссенциальными элементами влияют многие факторы. Известно, что селен поступает преимущественно из растительных продуктов. Однако содержание его в растениях зависит от концентрации в почвах, которая значительно различается в разных регионах. Источником йода являются морепродукты. Исследования показывают, что все пищевые группы населения подвержены высокому риску дефицита йода, но веганы и вегетарианцы – большому. Кроме того, удаленность от морского побережья и свойства сельскохозяйственных почв также играют определенную роль в статусе йода в организме. В настоящее время многие страны предпринимают шаги по предотвращению дефицита йода (обогащение пищи). Кобальт входит в состав витамина В₁₂ – эссенциального микронутриента, дефицитного у веганов и часто даже у вегетарианцев. Кроме того, кобальт является кофактором и других соединений. Однако на сегодняшний день данных о распространенности дефицита кобальта недостаточно для анализа. Также нет достаточно сведений и о распространенности дефицита молибдена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вегетарианство, веганство, микроэлементы, йод, селен, хром, молибден, кобальт.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспеченность веганов и вегетарианцев эссенциальными макро-, микро- и ультрамикроэлементами зависит от множества факторов. Если потребление калия и магния у этих групп обычно более высокое, чем у людей на смешанном рационе, то веганы часто склонны к развитию дефицита кальция (Гальченко, Назарова, 2019а). Это обусловлено не столько низким содержанием последнего в растительных продуктах, сколько действием веществ, ингибирующих его абсорбцию: щавелевой и фитиновой кислот. Фитиновая кислота также снижает абсорбцию других металлов, прежде всего цинка, что также обуславливает его частый дефицит у веганов (Гальченко, Назарова, 2019б). Однако на статус других микро- и ультрамикроэлементов, особенно неметаллов, у веганов и вегетарианцев могут в большей степени влиять иные процессы.

Цель работы – краткий обзор физиологии эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов (йод, селен, хром, молибден, кобальт) и обеспеченности ими вегетарианцев (людей, не употребляющих мясо и рыбу) и веганов (тех, кто полностью исключил продукты животного происхождения из рациона).

Йод. Впервые йод выделил из золы морских водорослей французский химик Б. Куртуа в 1811 г. (Reber, 1913). Название происходит от греч. *iodes* (фиолетовый), поскольку такой цвет имеют пары йода (Скальный, Рудаков, 2004).

В природе йод встречается в виде йодидов и йодатов. В морской воде он представлен йодистым натрием и йодистым магнием (Ахметов, 2001).

В организме человека содержится 15–25 мг йода. Половина этого количества приходится на цитовидную железу. Йод входит в состав тирео-

* Адрес для переписки:

Гальченко Алексей Владимирович

E-mail: gav.jina@gmail.com

идных гормонов, которые регулируют температуру тела, энергетический, белковый, липидный, водно-электролитный обмены; участвуют в процессах роста и развития, дифференцировке тканей (Ленинджер, 1985; Скальный, Рудаков, 2004; Камкин, Каменский (ред.), 2004; Северин (ред.), 2004, 2008; Оберлис и др., 2008).

Всасывается йод преимущественно в верхних отделах желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Основную роль в выведении йода из организма играют почки (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Кубарко, Семенович, 2013).

По данным ВОЗ йододефицитными состояниями страдает около 1 млрд человек. Основной причиной нехватки йода является недостаточное его поступление в организм с пищей и водой, повышение содержания в рационе кобальта, марганца, свинца, кальция, галогенов. Дефицит селена, цинка и меди может усиливать струмогенный эффект. Кроме того, баланс йода нарушается при дисфункции щитовидной железы (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Дефицит йода соответствует явлениям гипотиреоза, таким как угнетение нервно-психической деятельности; задержка развития нервной системы, опорно-двигательного аппарата; отечность; брадикардия; снижение фертильности; снижение теплопродукции (Скальный, Рудаков, 2004; Камкин, Каменский (ред.), 2004; Оберлис и др., 2008).

В РФ суточная потребность в йоде у мужчин и женщин составляет 150 мкг/сут, дополнительно для беременных женщин – 70 мкг/сут, для кормящих матерей – 140 мкг/сут (МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления...", 2004). Верхний допустимый уровень потребления йода – 300 мкг/сут (Нормы физиологических потребностей..., 2009). Порог токсичности для йода – 2 мг/сут. Летальная доза для человека составляет 35–350 г (Скальный, Рудаков, 2004).

Основной источник йода – морепродукты (Тутельян, 2012). Содержание йода в водорослях может значительно варьировать (National Nutrition Council..., 2014). Во фруктах и овощах количество йода зависит от почв, на которых они были выращены, а также от использования удобрений (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008). Значительным источником йода на сегодняшний день является йодированная соль (Барановский (ред.), 2017). Существуют и другие методы профилактики йододефицитных состоя-

ний. ВОЗ рекомендует обогащать йодом соль, масло и хлеб, а также использовать йодсодержащие добавки. Йод может также поступать с питьевой водой и абсорбироваться в легких с парами морской воды (Скальный, Рудаков, 2004; Скальный и др., 2005; Оберлис и др., 2008).

Ряд авторов указывает на снижение уриновой экскреции йода у веганов, по сравнению со всеядными и вегетарианцами (Rauma et al., 1994; Schüpbach et al., 2017). Финские авторы отмечают, что сывороточная концентрации йода у веганов ниже, чем у всеядных людей, однако у 91% последних также был выявлен дефицит этого элемента (Elorinne et al., 2016). Другие авторы также отмечают, что веганы имеют больший риск развития дефицита йода (Krajčovičová-Kudláčková et al., 2003; Leung et al., 2011; Kristense et al., 2015; Richter et al., 2016).

Исследование в Бангладеш не показало различий в обеспеченности йодом у веганов и всеядных: в обеих группах обнаружен значительный дефицит. Нехватка йода обнаружена и у жительниц России, причем у вегетарианок большая, чем у невегетарианок (Skalnaya et al., 2016).

Селен. Селен был открыт в 1817 г. Й. Берцелиусом. Название элемента произошло от греч. *Selene* (Луна) (Скальный, Рудаков, 2004). Большая часть селена в тканях человека представлена двумя его формами: селеноцистеином и селенометионином. Селеноцистеин синтезируется эндогенно из серина при достаточном поступлении селена (Combs, 2001), а селенометионин поступает с пищей: он содержится в плодах бразильского ореха, зерновых, соевых бобах и других бобовых (Whanger, 2002). Эти формы аминокислот входят в состав системы защиты от окислительного стресса – глутатионпероксидазу (GPX). Существует несколько изоферментов, которые кодируются разными генами. Изоферменты отличаются по локализации в клетке и субстратной специфичности. Наиболее распространенная форма фермента – GPX1, она обнаружена в цитоплазме практически всех тканей млекопитающих. Субстратом GPX1 является пероксид водорода. Большое значение в метаболизме пероксидов липидов имеет GPX4, которая также экспрессируется практически во всех клетках млекопитающих, но в меньших количествах. GPX2 продуцируется в кишечнике и является внеклеточным ферментом, GPX3 также является внеклеточным ферментом и в основном встречается

в плазме (Muller et al., 2007). Для оценки обеспеченности селеном часто определяют активность GPX3 (Hoeflich et al., 2010). Кроме того, селен входит в состав глицинредуктазы и цитохрома С. Селеносодержащие ферменты участвуют в обеих фазах печеночной детоксикации ксенобиотиков. Селен необходим для нормального функционирования иммунной системы и полового развития (Ленинджер, 1985; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Переносчиком селена в крови является селенопротеин Р (SEPP), который преимущественно продуцируется в печени и связан с большей частью циркулирующего в крови селена (Burk et Hill 2005, 2009).

Всасывается селен в дистальных отделах тонкой кишки. Витамин Е способствует усвоению селена (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Дефицит селена может развиваться преимущественно по двум причинам: снижение его поступления с пищей и водой; повышенный расход селена при значительном хроническом поступлении ксенобиотиков. Большие дозы ртути, меди, мышьяка, сульфатов, парацетамола, фенацетина, противомаларийных препаратов могут привести к дефициту селена в организме (Скальный, Рудаков, 2004; Скальный, 2004; Оберлис и др., 2008). Недостаток в организме селена ведет к нарушению целостности клеточных мембран, значительному снижению активности сгруппированных на них ферментов, накоплению кальция внутри клеток, нарушению метаболизма аминокислот и кетонных тел; накоплению мышьяка, кадмия и ртути (Скальный, Рудаков 2004; Оберлис и др., 2008). При дефиците селена снижается детоксикационная функция печени; нарушается иммунитет; развиваются недостаточность репродуктивной системы и дистрофические изменения кожи и её придатков. Существует высокая степень корреляции между дефицитом селена и опухолевыми заболеваниями, такими как рак желудка, простаты, толстого кишечника, молочной железы (Forceville et al., 1998; Combs, 2005; Angstwurm et al., 2007; Sakr et al., 2007; Gromadzińska et al., 2008).

Содержание селена в продуктах зависит от геохимических условий (Sobiecki et al., 2016). Биодоступность данного элемента для растений низка в кислых, сильно заболоченных почвах. Содержание селена в хлебных злаках и зерне

может значительно различаться в разных регионах, что зависит от количества селена в почве, доступного для захвата растениями (Барановский (ред.), 2017). В европейских почвах отмечается низкое содержание селена (Arthur, 2003). Финляндия использует селеносодержащие удобрения для восполнения дефицита данного элемента у населения (Hartikainen, 2005; Alftan et al., 2010).

Адекватный уровень потребления селена в РФ – 70 мкг/сут для мужчин и 55 мкг/сут – для женщин. Верхний допустимый уровень – 150 мкг/сут (Нормы физиологических потребностей..., 2009). Порогом токсичности для селена является показатель 5 г/сут (Скальный, Рудаков, 2004).

Исследования Combs показали, что многие страны в мире сталкиваются с проблемами восполнения пула данного элемента в организме человека (Combs, 2005).

Авторы из Германии сравнивали обеспеченность селеном у двух групп населения: 1) веганов и вегетарианцев; 2) всеядных людей. Они измеряли активность GPX3, концентрацию циркулирующих селена и SEPP. Активность GPX3 существенно не различалась между группами, тогда как концентрации селена и SEPP в первой группе составляли соответственно только 79,5 и 71,2% от таковых у всеядных. При разделении первой группы непосредственно на вегетарианцев и веганов существенных различий в этих показателях выявлено не было (Hoeflich, 2010).

Xia с соавт. показали, что при добавлении селена в рацион экспрессия GPX3 быстро достигает плато, тогда как концентрации SEPP нарастают постепенно (Xia et al., 2005).

Ряд других исследований также показывает, что веганы и вегетарианцы чаще имеют меньшие запасы селена по сравнению со всеядными, особенно в регионах, дефицитных по селену (Akeson, Ockerman, 1985; Kadrabova et al., 1995; National Nutrition Council..., 2014; Elorinne et al., 2016).

Однако Schüpbach с соавт. не обнаружили существенной разницы в обеспеченности селеном между всеядными, вегетарианцами и веганами (Schüpbach et al., 2017). Схожие результаты получили и другие авторы (Phillips, 2005; Silva et al., 2015; Skalnaya et al., 2016).

Стоит заметить, что до сих пор нет «золотого» стандарта оценки статуса селена (Burk et al., 2006; Ashton et al., 2009).

Хром. Хром был впервые выделен в 1780 г. Н. Вокленом. Название произошло от греч. *chroma* (цвет), из-за яркой окраски соединений хрома (Скальный, Рудаков, 2004).

В организме человека содержится примерно 6 мг хрома. Хром входит в состав фактора толерантности к глюкозе и потенцирует действие инсулина. Кроме того, хром участвует в синтезе нуклеиновых кислот и регенеративных процессах (Скальный, Рудаков, 2004; Скальный и др., 2005; Оберлис и др., 2008). В состав ферментов хром входит в трехвалентной форме. Шестивалентный хром является токсичным, но способен в организме восстанавливаться до трехвалентного хрома. Однако в процессе восстановления могут образовываться ещё более токсичные четырех- и пятивалентные формы (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Said (ред.), 2018).

В организм соединения хрома поступают с пищей, водой и воздухом. Всасывание хрома происходит преимущественно в тощей кишке, при этом неусвоенный хром выводится с калом. Биодоступность хрома мало зависит от присутствия других нутриентов в пище. В тканях органов содержание хрома в десятки раз выше, чем в крови. Наибольшее количество хрома присутствует в печени (0,2 мкг/кг) и почках (0,6 мкг/кг), кишечнике, щитовидной железе, хрящевой и костной тканях, в легких (в случае поступления соединений хрома с воздухом). Усваиваемость хрома из неорганических соединений в желудочно-кишечном тракте невысока, всего 0,5–1%, однако она возрастает до 20–25% при поступлении хрома в виде комплексных соединений (пиколинаты, аспарагинаты). Шестивалентный хром (хроматы) усваивается в 3–5 раз лучше, чем трехвалентный (хромиты). В легких оседает до 70% поступившего ингаляционным путем хрома. Усвоенный хром выводится из организма главным образом через почки (80%) и в меньшей степени через легкие, кожу и кишечник (около 19%) (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Дефицит хрома может развиваться при недостаточном его поступлении в организм, а также при повышенном его расходе (при беременности, в периоды активного роста и интенсивных спортивных тренировок, при употреблении большого количества продуктов с высоким гликемическим индексом) (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Барановский (ред.), 2017). При дефиците хрома нарушается толе-

рантность к глюкозе и повышается риск развития сахарного диабета II типа; нарушается обмен триглицеридов и холестерина и возрастает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний; нарушается репродуктивная функция у мужчин; развиваются нарушения нервно-психической деятельности и периферические полинейропатии (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Адекватный уровень потребления хрома – 50 мкг/сут. Верхний допустимый уровень потребления – 250 мкг (МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления...», 2004; Нормы физиологических потребностей..., 2009). Токсическая доза хрома для человека – 200 мг. Летальная – более 3,0 г (Скальный, Рудаков, 2004).

В пищевых продуктах хром содержится в виде хромита (Барановский (ред.), 2017). Основными источниками хрома являются растительная пища и морепродукты (Тутельян, 2012; Барановский (ред.), 2017).

А.А. Скальная с соавт. не обнаружили значимых различий в обеспеченности хромом вегетарианцев и всеядных (Skalnaya et al., 2016). Широкая распространенность хрома в растительных продуктах позволяет предположить, что вегетарианцы и веганы не склонны к дефициту этого элемента. Однако, учитывая физиологическую значимость этого элемента, необходимы дальнейшие исследования обеспеченности населения хромом.

Молибден. Название молибдена произошло от греч. *molybdos* (свинец). Впервые молибден выделен П. Гельмом в 1781 г. (Скальный, Рудаков, 2004).

Физиологическое значение молибдена для организма животных и человека было впервые показано в 1953 г. с открытием влияния этого элемента на активность фермента ксантиноксидазы (Скальный, Рудаков, 2004).

Более половины поступившего в ЖКТ молибдена всасывается и поступает в кровь. Затем около 80% поступившего в кровь молибдена связывается с белками (в первую очередь, с альбуминами) и транспортируется по всему организму. В организме молибден скапливается в печени, а в крови распределяется равномерно между форменными элементами и плазмой. Накопления молибдена в организме млекопитающих не происходит. Растворимые соединения молибдена выводятся из организма с мочой и калом (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

У человека имеется по меньшей мере три молибдензависимых фермента: сульфитоксидаза, ксантинооксидаза и альдегидоксидаза, в основном участвующих в обмене мочевой кислоты. Есть сведения, что молибден играет важную роль в процессе включения фтора в зубную эмаль, а также в стимуляции гемопоэза (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Барановский (ред.), 2017).

Алиментарный дефицит молибдена встречается редко, чаще он развивается при избыточном поступлении в организм вольфрама, свинца и натрия. При дефиците молибдена нарушается образование мочевой кислоты, могут образовываться ксантиновые конкременты в чашечно-лоханочной системе почек. Дефицит молибдена может привести к снижению расщепления целлюлозы и избыточному накоплению меди в организме, вплоть до медной интоксикации. Также при нехватке молибдена может нарушаться сумеречное зрение, повышаться частота сердечных сокращений и нервно-психическая возбудимость. Есть данные, что при дефиците молибдена возрастает риск развития рака пищевода (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Суточная потребность в молибдене у взрослых мужчин и женщин составляет 70 мкг (МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления...", 2004; Нормы физиологических потребностей..., 2009). Токсическая доза для человека – 5 мг, летальная – 50 мг.

Наиболее богата молибденом икра рыб. Также получить этот элемент можно из бобовых, цельнозерновых продуктов, темно-зеленых листовых овощей, черной смородины (Барановский (ред.), 2017; Тутельян, 2012).

Предполагается, что веганы имеют повышенный риск дефицита молибдена. Однако крупных исследований этого вопроса нами обнаружено не было. Для прояснения статуса молибдена у веганов необходимы дополнительные исследования.

Кобальт. Кобальт открыт в 1735 г. Г. Брандтом. Название произошло от нем. *kobald* (гном) (Скальный, Рудаков 2004).

В организме взрослого человека содержится примерно 1,5 мг кобальта. В основном он распределен между печенью, скелетными мышцами, жировой тканью, костями и волосами (Скальный, Рудаков, 2004).

Кобальт входит в состав витамина В₁₂, таким образом, участвуя в процессах клеточного деления, синтезе белка, миелинизации нервных волокон, детоксикации ксенобиотиков. Кроме того, кобальт угнетает обмен йода и способствует повышению экскреции воды почками. Кобальт усиливает экспрессию эритропоэтина, активируя гипоксия-индуцируемый фактор 1 (HIF-1) (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Северин и др., 2008; Skalny et al., 2018).

В среднем в желудочно-кишечном тракте всасывается около 20% поступившего кобальта. Повышенное содержание белка и железа в пище замедляет усвоение кобальта; напротив, медь и цинк усиливают этот процесс. Из организма кобальт выводится с калом и в меньшей степени с мочой (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Поскольку кобальт входит в состав не синтезируемого в организме витамина В₁₂, последний стоит рассматривать, как отдельный, независимый нутриент.

Дефицит кобальта встречается нечасто. Его причинами могут быть: недостаточное поступление; атрофия слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта; глистная инвазия; избыток в рационе белка и железа. Медь и цинк, напротив, увеличивают абсорбцию кобальта в ЖКТ (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008). При дефиците кобальта может нарушаться функция щитовидной железы; снижается толерантность к физическим нагрузкам (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Skalny et al., 2018).

Суточная потребность в кобальте – 10 мкг/сут. Верхний допустимый уровень не установлен (Рекомендуемые уровни потребления..., 2004). Порог токсичности составляет 500 мг. Данные о летальной дозе отсутствуют (Скальный, Рудаков, 2004).

Наиболее богаты кобальтом зеленые листовые овощи, редис, свекла, луковичные. В форме кобаламина кобальт поступает из мяса, печени, рыбы и молочных продуктов (Скальный, Рудаков, 2004; Тутельян, 2012).

Крайне распространенным явлением среди веганов и даже вегетарианцев является дефицит витамина В₁₂ (Janelle, Barr, 1995; Haddad et al., 1999; Due et al., 2000; Larsson et Johansson, 2002; Davey et al., 2003; Huang et al., 2003; Majchrzak et al., 2006; Schüpbach et al., 2017). Однако значи-

тельных исследований по оценке распространенности дефицита кобальта среди этих групп не проводилось. А.А. Скальная с соавт. не обнаружили снижения концентраций кобальта у вегетарианок в сравнении со всеядными женщинами. В России отмечалось умеренное снижение содержания этого элемента в обеих группах (Skalnaya et al., 2016).

Необходимы дальнейшие исследования роли кобальта в физиологии человека и обеспеченности этим элементом различных групп населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отношении кобальта и молибдена на сегодняшний день нет достаточного количества данных, чтобы полноценно оценить их роль и статус у человека.

Хром достаточно широко представлен в растительных продуктах, поэтому вегетарианцы и веганы не имеют повышенного риска его дефицита.

Основными источниками селена являются растительные продукты. Однако дефицит этого элемента довольно часто встречается, так как содержание его в почвах существенно различается в регионах.

Йод поступает в организм человека из морепродуктов как животного, так и растительного происхождения. Но исследования показывают, что содержание йода в морских водорослях может сильно различаться. Кроме того, большая часть веганов и вегетарианцев потребляют их в недостаточных количествах. Однако среди всеядных людей дефицит йода также довольно широко распространен. В настоящее время многие страны проводят государственные программы по обогащению йодом пищевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 2001. 743 с.
- Барановский А.Ю. (ред.) Диетология. Изд-е 5. СПб: Питер, 2017. 1104 с.
- Гальченко А.В., Назарова А.М. Макроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Микроэлементы в медицине. 2019а; 20(2):14–23. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-2-3-17.
- Гальченко А.В., Назарова А.М. Эссенциальные микро-и ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Часть 1. Железо, цинк, медь, марганец. Микроэлементы в медицине. 2019б; 20(4):3–17. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23.
- Камкин А. и Каменский А. (ред.) Фундаментальная и клиническая физиология. М.: Академия, 2004. 1073 с.
- Кубарко А.И. (ред.), Семенович А.А. Нормальная физиология: Учебник. В 2 частях. Ч. 1. Минск: Высшая школа, 2013. 542 с.
- Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х томах Т. 1. Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 367 с.
- МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Методические рекомендации» (утв. Роспотребнадзором 02.07.2004). С. 44.
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.
- Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб: Наука, 2008. 542 с.
- Северин Е.С. (ред.) Биохимия: Учебник. Изд-е 2, испр. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. 784с.
- Северин Е.С., Алейникова Т.Л., Осипов Е.В., Силаева С.А. Биологическая химия. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. 364 с.
- Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Скальный А.В. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. 239 с.
- Скальная М.Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. М.: РОСМЭМ, 2004. 310 с.
- Скальный А.А., Скальный В.В. Дефицит цинка у спортсменов: обзор. Микроэлементы в медицине. 2013; 14(1):8–11.
- Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир, 2004. 215 с.
- Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Мир, 2004. 272 с.
- Скальный А.В., Рудаков И.А., Нотова С.В., Бурцева Т.И., Скальный В.В., Баранова О.В. Основы здорового питания: пособие по общей нутрициологии. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. 117 с.
- Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛи плюс, 2012. 284 с.
- Akesson B., Ockerman P.A. Selenium status in vegans and lactovegetarians. Br J Nutr. 1985; 53:199–205.
- Alfthan G., Aspila P., Ekholm P., Euroola M., Hartikainen H., Hero H., et al. Nationwide supplementation of sodium selenate to commercial fertilizers. History and 25-year results from the Finnish selenium monitoring program In: Thompson B., Amoroso L. (Eds). Combating micronutrient deficiencies: food-

based approaches. UK, Oxfordshire: MPG Books Group, FAO and CABI, 2010. P. 312–337.

Angstwurm M.W., Engelmann L., Zimmermann T., Lehmann C., Spes C.H., Abel P., Strauss R., Meier-Hellmann A., Insel R., Radke J., Schüttler J., Gärtner R. Selenium in intensive care (SIC): results of a prospective randomized, placebo-controlled, multiple-center study in patients with severe systemic inflammatory response syndrome, sepsis, and septic shock. *Crit Care Med.* 2007 Jan; 35(1):118–126.

Arthur J.R. Selenium supplementation: does soil supplementation help and why? *Proc Nutr Soc.* 2003; 62:393–397.

Ashton K. Hooper L., Harvey L.J., Hurst R., Casgrain A., Fairweather-Tait S.J. Methods of assessment of selenium status in humans: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2009 Jun; 89(6):2025S–2039S. doi: 10.3945/ajcn.2009.27230F. Epub 2009 May 6.

Burk R.F., Hill K.E. Selenoprotein P: an extracellular protein with unique physical characteristics and a role in selenium homeostasis. *Annu Rev Nutr.* 2005; 25:215–235.

Burk R.F., Hill K.E. Selenoprotein P-expression, functions, and roles in mammals. *Biochim Biophys Acta.* 2009; 1790(11):1441–1447.

Burk R.F., Norsworthy B.K., Hill K.E., Motley A.K., Byrne D.W. Effects of chemical form of selenium on plasma biomarkers in a high-dose human supplementation trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2006 Apr; 15(4):804–810.

Combs G.F. (Jr.). Current evidence and research needs to support a health claim for selenium and cancer prevention. *J Nutr.* 2005; 135:343–347.

Combs G.F. (Jr.). Selenium in global food systems. *Br J Nutr.* 2001; 85:517–547.

Davey G.K., Spencer E.A., Appleby P.N., Allen N.E., Knox K.H., Key T.J. EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33883 meat-eaters and 31546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutr.* 2003; 6:259–269.

Due L., Sinclair A.J., Mann N.J., Turner A., Ball M.J. Selected micronutrient intake and status in men with differing meat intakes, vegetarians and vegans. *The Asian Pacific Journal of Clinical Nutrition.* 2000; 9:18–23. doi:10.1046/j.1440-6047.2000.00129.x.

Elorinne A.L., Alfthan G., Erlund I., Kivimäki H., Paju A., Salminen I., Turpeinen U., Voutilainen S., Laakso J. Food and Nutrient Intake and Nutritional Status of Finnish Vegans and Non-Vegetarians. *PLoS One.* 2016, Feb 3; 11(2):e0148235. doi: 10.1371/journal.pone.0148235. eCollection 2016.

Forceville X., Vitoux D., Gauzit R., Combes A., Lahilaire P., Chappuis P. Selenium, systemic immune response syndrome, sepsis, and outcome in critically ill patients. *Crit Care Med.* 1998 Sep; 26(9):1536–1544.

Gromadzińska J., Reszka E., Bruzelius K., Wasowicz W., Akesson B. Selenium and cancer: biomarkers of selenium status and molecular action of selenium supplements. *Eur J Nutr.* 2008; 47:29–50.

Haddad E.H., Berk L.S., Kettering J.D., Hubbard R.W. and Peters W.R. Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1999; 70(3):586S–593S.

Hartikainen H. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *J Trace Elem Med Biol.* 2005; 18:309–318.

Hoeflich J., Hollenbach B., Behrends T., Hoeg A, Stosnach H., Schomburg L. The choice of biomarkers determines the selenium status in young German vegans and vegetarians. *Br J Nutr.* 2010 Dec; 104(11):1601-4. doi: 10.1017/S0007114510002618. Epub 2010 Jul 19.

Huang Y.C., Chang S.J., Chiu Y.T., Chang H.H., Cheng C.H. The status of plasma homocysteine and related B-vitamins in healthy young vegetarians and nonvegetarians. *Eur J Nutr.* 2003; 42(2):84–90.

Janelle K., Barr S. Nutrient intakes and eating behavior see of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95(2):180–189.

Kadrabova J., Madaric A., Kovacicova Z., Ginter E. Selenium status, plasma zinc, copper, and magnesium in vegetarians. *Biol Trace Elem Res* 1995; 50(1):13–24. pmid:8546880.

Krajčovičová-Kudláčková M., Simoncic R., Babinska K., Bederova A., Brtkova A., Magalova T., Grancicova E. Selected vitamins and trace elements in blood of vegetarians. *Ann Nutr Metab.* 1995; 39(6):334–339.

Kristense N.B., Madsen M.L., Hansen T.H., Allin K.H., Hoppe C., Fagt S., Lausten M.S., Gøbel R. J., Vestergaard H., Hansen T., Pedersen O. Intake of macro- and micronutrients in Danish vegans. *Nutrition Journal.* 2015; 14(1):115.

Larsson C., Johansson G. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr.* 2002; 76(1):100–106.

Leung A.M., LaMar A., He X., Braverman L.E., Pearce E.N. Iodine status and thyroid function of Boston-area vegetarians and vegans. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011; 96:E1303–E7. doi: 10.1210/jc.2011-0256. pmid:21613354.

Majchrzak D., Singer I., Maenner M., Rust P., Genser D., et al. B-vitamin status and concentrations of homocysteine in Austrian omnivores, vegetarians and vegans. *Ann NutrMetab.* 2006; 50(6):485–491.

Muller F.L., Lustgarten M.S., Jang Y., Richardson A., Van Remmen H. Trends in oxidative aging theories. *Free Radic. Biol. Med.* August 2007; 43(4):477–503.

National Nutrition Council, Ministry of Agriculture and Forestry. Finnish nutrition recommendations, 2014.

Phillips F. Vegetarian nutrition. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin.* 2005; 30:132–167.

Physiology of the Gastrointestinal Tract (Sixth Edition), Ed. H.M. Said. 2018. Elsevier p. 1812. The Nutritional Biochemistry of Chromium (III), 2007 Ed. JBVincent. 2007 Elsevierp. 292.

Rauma A.L., Törmälä M.L., Nenonen M., Hänninen O. Iodine status in vegans consuming a living food diet. *Nutrition Res.* 1994; 14:1789–1795.

Reber B. *Le Docteur Coindet. Aesculape.*, 1913; 3:93–96.

Richter M., Boeing H., Grünewald-Funk D., Hesecker H., Kroke A., Leschik-Bonnet E., Oberritter H., Strohm D., Watzl B. Vegan diet. Position of the German Nutrition Society (DGE). *ErnährungsUmschau.* 2016; 63(04):92–102.

Sakr Y., Reinhart K., Bloos F., Marx G., Russwurm S., Bauer M., Brunkhorst F. Time course and relationship between plasma selenium concentrations, systemic inflammatory response, sepsis, and multiorgan failure. *Br J Anaesth.* 2007 Jun; 98(6):775–84. Epub 2007 May 3.

Schüpbach R., Wegmüller R., Berguerand C., Bui M., Herter-Aeberli I. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *Eur J Nutr.* 2017. DOI 10.1007/s00394-015-1079-7.

Silva S.C.G., Pinho J.P., Borges C., Santos C.T., Santos A., Graça P. Guide lines for a healthy vegetarian diet. Lisbon: *Direção-Geral da Saúde*, 2015. 45 p.

Skalnaya A.A., Skalnaya O.A., Cheng-Chi Wu, Demidov V.A. Hair essential trace elements in bangladesh women: influence of vegetarianism. *Микроэлементы в медицине.* 2016; 17(3):36–4.

Skalny A.V., Zaitseva I.P., Gluhcheva Y.G., Skalny A.A., Achkasov E.E., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. Cobalt in athletes: hypoxia and doping - new crossroads. *J Appl Biomed.* 2018. <https://jab.zsf.jcu.cz/artkey/jab-000000-0991.php>.

Sobiecki J.G., Appleby P.N., Bradbury K.E., Key T.J. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. *Nutr Res.* 2016 May; 36(5):464–477. doi: 10.1016/j.nutres.2015.12.016. Epub 2016 Jan 6.

Whanger P.D. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *Journal of the American College of Nutrition.* 2002; 21(3):223–232.

Xia Y., Hill K.E., Byrne D.W., Xu J., Burk R.F. Effectiveness of selenium supplements in a low-selenium area of China. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005 Apr; 81(4):829–834.

ESSENTIAL TRACE AND ULTRA TRACE ELEMENTS IN NUTRITION OF VEGETARIANS AND VEGANS. PART 2. IODINE, SELENIUM, CHROMIUM, MOLYBDENUM, COBALT

A.V. Galchenko^{1,2}, A.M. Nazarova¹

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Ust'inskiy Proezd Str. 2/14, 109240, Moscow, Russia

² Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya str. 6, 117198, Moscow, Russia

ABSTRACT. In addition to the inhibitory effect of phytic and oxalic acids, other factors also affect the provision of vegans and vegetarians with essential elements. Selenium comes predominantly from plant products. However, its content in plants depends on the concentration in soils, which varies considerably in different regions. The source of iodine is seafood. Studies show that all food groups are at high risk of iodine deficiency, but vegans and vegetarians are at greater. In addition, remoteness from the seacoast and the properties of agricultural soils also play a role in the status of iodine in the body. Currently, many countries are taking steps to prevent iodine deficiency (food fortification). Cobalt is part of vitamin B12, an essential micronutrient deficient in vegans and often even in vegetarians. In addition, cobalt is also a cofactor of other molecules. However, to date, data on the prevalence of cobalt deficiency is not enough for analysis. There is not enough information about the prevalence of molybdenum deficiency.

KEYWORDS: vegetarian, vegan, trace elements, iodine, selenium, chromium, molybdenum, cobalt.

REFERENCES

- Ahmetov N.S. *Obshhaja i neorganicheskaja himija. M.: Vysshaja shkola*, 2001. 743 s. (In Russ.).
- Baranovsky A.Ju. (red.). *Dietologija. Izd-e 5. SPb: Piter*, 2017. 1104 s. (In Russ.).
- Galchenko A.V., Nazarova A.M. Makrojelementy v pitanii vegetariancev i veganov. *Trace Elem. Med.* 2019a; 20(2):3–17. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-2-3-17 (In Russ.).
- Galchenko A.V., Nazarova A.M. Essential trace and ultra trace elements in nutrition of vegetarians and vegans. Part 1. Iron, zinc, copper, manganese. *Trace Elem. Med.*, vol. 20, no. 4, pp. 14–23, 2019b DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23 (In Russ.).
- Kamkina A. i Kamenskogo A. (red.). *Fundamental'naja i klinicheskaja fiziologija. M.: Akademija*, 2004. 1073 s. (In Russ.).
- Kubarko A.I. (red.), Semenovich A.A. *Normal'naja fiziologija: Uchebnik. V 2 chastjah. Ch. 1. Minsk: Vysshaja shkola*, 2013. 542 s. (In Russ.).

- Lenindzher A. *Osnovy biohimii: V 3-h tomah T. 1. Per. s angl. M.: Mir, 1985. 367 s. (In Russ.)*.
- MR 2.3.1.1915-04 «Rekomenduemye urovni potreblenija pishhevyyh i biologicheskii aktivnykh veshhestv. Metodicheskie rekomendacii» (utv. Rospotrebnadzorom 02.07.2004). S. 44 (In Russ.).
- Normy fiziologicheskikh potrebnostej v jenergii i pishhevyyh veshhestvah dlja razlichnykh grupp naselenija Rossijskoj Federacii. Metodicheskie rekomendacii. M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. 36 s. (In Russ.).
- Oberlis D., Harland B., Skal'nyj A. *Biologicheskaja rol' makro- i mikrojelementov u cheloveka i zhivotnyh. SPb: Nauka, 2008. 542 s. (In Russ.)*.
- Severin E.S. (red.). *Biohimija: Uchebnik. Izd-e 2, ispr. M.: GJeOTAR-MED, 2004. 784 s. (In Russ.)*.
- Severin E.S., Alejnikova T.L., Osipov E.V., Silaeva S.A. *Biologicheskaja himija. M.: OOO «Medicinskoe informacionnoe agentstvo», 2008. 364 s. (In Russ.)*.
- Skalny A.V. *Himicheskie jelementy v fiziologii i jekologii cheloveka. M.: Mir, 2004. 215 s. (In Russ.)*.
- Skalny A.V., Rudakov I.A. *Biojelementy v medicine. M.: Mir, 2004. 272 s. (In Russ.)*.
- Skalny A.V., Rudakov I.A., Notova S.V., Burceva T.I., Skal'nyj V.V., Baranova O.V. *Osnovy zdorovogo pitaniya: posobie po obshhej nutriciologii. Orenburg: GOU OGU, 2005. 117 s. (In Russ.)*.
- Tuteljan V.A. *Himicheskij sostav i kalorijnost' rossijskikh produktov pitaniya: Spravochnik. M.: DeLi pljus, 2012. 284 s. (In Russ.)*.
- Akesson B., Ockerman P.A. *Selenium status in vegans and lactovegetarians. Br J Nutr. 1985; 53:199–205.*
- Alfthan G., Aspila P., Ekholm P., Euroola M., Hartikainen H., Hero H., et al. *Nationwide supplementation of sodium selenate to commercial fertilizers. History and 25-year results from the Finnish selenium monitoring program In: Thompson B., Amoroso L. (Eds). Combating micronutrient deficiencies: food-based approaches. UK, Oxfordshire: MPG Books Group, FAO and CABI, 2010. P. 312–337.*
- Angstwurm M.W., Engelmann L., Zimmermann T., Lehmann C., Spes C.H., Abel P., Strauss R., Meier-Hellmann A., Insel R., Radke J., Schüttler J., Gärtner R. *Selenium in intensive care (SIC): results of a prospective randomized, placebo-controlled, multiple-center study in patients with severe systemic inflammatory response syndrome, sepsis, and septic shock. Crit Care Med. 2007 Jan; 35(1):118–126.*
- Arthur J.R. *Selenium supplementation: does soil supplementation help and why? Proc Nutr Soc. 2003; 62:393–397.*
- Ashton K., Hooper L., Harvey L.J., Hurst R., Casgrain A., Fairweather-Tait S.J. *Methods of assessment of selenium status in humans: a systematic review. Am J Clin Nutr. 2009 Jun; 89(6):2025S–2039S. doi: 10.3945/ajcn.2009.27230F. Epub 2009 May 6.*
- Burk R.F., Hill K.E. *Selenoprotein P: an extracellular protein with unique physical characteristics and a role in selenium homeostasis. Annu Rev Nutr. 2005; 25:215–235.*
- Burk R.F., Hill K.E. *Selenoprotein P-expression, functions, and roles in mammals. Biochim Biophys Acta. 2009; 1790(11):1441–1447.*
- Burk R.F., Norsworthy B.K., Hill K.E., Motley A.K., Byrne D.W. *Effects of chemical form of selenium on plasma biomarkers in a high-dose human supplementation trial. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2006 Apr; 15(4):804–810.*
- Combs G.F. (Jr.). *Current evidence and research needs to support a health claim for selenium and cancer prevention. J Nutr. 2005; 135:343–347.*
- Combs G.F. (Jr.). *Selenium in global food systems. Br J Nutr. 2001; 85:517–547.*
- Davey G.K., Spencer E.A., Appleby P.N., Allen N.E., Knox K.H., Key T.J. *EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33883 meat-eaters and 31546 non meat-eaters in the UK. Public Health Nutr. 2003; 6:259–269.*
- Due L., Sinclair A.J., Mann N.J., Turner A., Ball M.J. *Selected micronutrient intake and status in men with differing meat intakes, vegetarians and vegans. The Asian Pacific Journal of Clinical Nutrition. 2000; 9:18–23. doi:10.1046/j.1440-6047.2000.00129.x.*
- Elorinne A.L., Alfthan G., Erlund I., Kivimäki H., Paju A., Salminen I., Turpeinen U., Voutilainen S., Laakso J. *Food and Nutrient Intake and Nutritional Status of Finnish Vegans and Non-Vegetarians. PLoS One. 2016, Feb 3; 11(2):e0148235. doi: 10.1371/journal.pone.0148235. eCollection 2016.*
- Forceville X., Vitoux D., Gauzit R., Combes A., Lahilaire P., Chappuis P. *Selenium, systemic immune response syndrome, sepsis, and outcome in critically ill patients. Crit Care Med. 1998 Sep; 26(9):1536–1544.*
- Gromadzińska J., Reszka E., Bruzelius K., Wasowicz W., Akesson B. *Selenium and cancer: biomarkers of selenium status and molecular action of selenium supplements. Eur J Nutr. 2008; 47:29–50.*
- Haddad E.H., Berk L.S., Kettering J.D., Hubbard R.W. and Peters W.R. *Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. American Journal of Clinical Nutrition. 1999; 70(3):586S–593S.*
- Hartikainen H. *Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. J Trace Elem Med Biol. 2005; 18:309–318.*
- Hoeflich J., Hollenbach B., Behrends T., Hoeg A, Stosnach H., Schomburg L. *The choice of biomarkers determines the selenium status in young German vegans and vegetarians. Br J Nutr. 2010 Dec; 104(11):1601-4. doi: 10.1017/S0007114510002618. Epub 2010 Jul 19.*
- Huang Y.C., Chang S.J., Chiu Y.T., Chang H.H., Cheng C.H. *The status of plasma homocysteine and related B-vitamins in healthy young vegetarians and nonvegetarians. Eur J Nutr. 2003; 42(2):84–90.*
- Hunt J. *Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. Am J Clin Nutr. 2003; 78(3):633–639.*

- Janelle K., Barr S. Nutrient intakes and eating behavior see of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95(2):180–189.
- Kadřabová J., Madarić A., Kovaciková Z., Ginter E. Selenium status, plasma zinc, copper, and magnesium in vegetarians. *Biol Trace Elem Res* 1995; 50(1):13–24. pmid:8546880.
- Krajčovičová-Kudláčková M., Bučková K., Klimeš I., Šeboková E. Iodine deficiency in vegetarians and vegans. *Ann Nutr Metab* 2003; 47:183–185. pmid:12748410.
- Kristense N.B., Madsen M.L., Hansen T.H., Allin K.H., Hoppe C., Fagt S., Lausten M.S., Gøbel R. J., Vestergaard H., Hansen T., Pedersen O. Intake of macro- and micronutrients in Danish vegans. *Nutrition Journal.* 2015; 14(1):115.
- Larsson C., Johansson G. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr.* 2002; 76(1):100–106.
- Leung A.M., LaMar A., He X., Braverman L.E., Pearce E.N. Iodine status and thyroid function of Boston-area vegetarians and vegans. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011; 96:E1303–E7. doi: 10.1210/jc.2011-0256. pmid:21613354.
- Majchrzak D., Singer I., Maenner M., Rust P., Genser D., et al. B-vitamin status and concentrations of homocysteine in Austrian omnivores, vegetarians and vegans. *Ann NutrMetab.* 2006; 50(6):485–491.
- Muller F.L., Lustgarten M.S., Jang Y., Richardson A., Van Remmen H. Trends in oxidative aging theories. *Free Radic. Biol. Med.* August 2007; 43(4):477–503.
- National Nutrition Council, Ministry of Agriculture and Forestry. Finnish nutrition recommendations, 2014.
- Obeid R., Geisel J., Schorr H., Hübner U., Herrmann W. The impact of vegetarianism on some haematological parameters. *Eur J Haematol.* 2002 Nov-Dec; 69(5–6):275–279.
- Phillips F. Vegetarian nutrition. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin.* 2005; 30:132–167.
- Physiology of the Gastrointestinal Tract (Sixth Edition), Ed. HM Said. 2018 Elsevier p. 1812. The Nutritional Biochemistry of Chromium (III), 2007 Ed. JB Vincent. 2007 Elsevier. 292.
- Rauma A.L., Törmälä M.L., Nenonen M., Hänninen O. Iodine status in vegans consuming a living food diet. *Nutrition Res.* 1994; 14:1789–1795.
- Remer T., Neubert A., Manz F. Increased risk of iodine deficiency with vegetarian nutrition. *Br J Nutr.* 1999; 81:45–50.
- Reber B. *Le Docteur Coindet.* Aesculape., 1913; 3:93–96.
- Richter M., Boeing H., Grünewald-Funk D., Heseker H., Kroke A., Leschik-Bonnet E., Oberritter H., Strohm D., Watzl B. Vegan diet. Position of the German Nutrition Society (DGE). *ErnahrungsUmschau.* 2016; 63(04):92–102.
- Sakr Y., Reinhart K., Bloos F., Marx G., Russwurm S., Bauer M., Brunkhorst F. Time course and relationship between plasma selenium concentrations, systemic inflammatory response, sepsis, and multiorgan failure. *Br J Anaesth.* 2007 Jun; 98(6):775–84. Epub 2007 May 3.
- Schüpbach R., Wegmüller R., Berguerand C., Bui M., Herter-Aeberli I. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *Eur J Nutr.* 2017. DOI 10.1007/s00394-015-1079-7.
- Silva S.C.G., Pinho J.P., Borges C., Santos C.T., Santos A., Graça P. Guide lines for a healthy vegetarian diet. Lisbon: Direcção-Geral da Saúde, 2015. 45 p.
- Skalnaya A.A., Skalnaya O.A., Cheng-Chi Wu, Demidov V.A. Hair essential trace elements in bangladesh women: influence of vegetarianism. *Микроэлементы в медицине.* 2016; 17(3):36–4.
- Skalny A.V., Zaitseva I.P., Gluhcheva Y.G., Skalny A.A., Achkasov E.E., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. Cobalt in athletes: hypoxia and doping - new crossroads. *J Appl Biomed.* 2018. <https://jab.zsf.jcu.cz/artkey/jab-000000-0991.php>.
- Sobiecki J.G., Appleby P.N., Bradbury K.E., Key T.J. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. *Nutr Res.* 2016 May; 36(5):464–477. doi: 10.1016/j.nutres.2015.12.016. Epub 2016 Jan 6.
- Whanger P.D. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *Journal of the American College of Nutrition.* 2002; 21(3):223–232.
- Xia Y., Hill K.E., Byrne D.W., Xu J., Burk R.F. Effectiveness of selenium supplements in a low-selenium area of China. *Am. J. Clin Nutr.* 2005 Apr; 81(4):829–834.