

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

ЭССЕНЦИАЛЬНЫЕ МИКРО-И УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПИТАНИИ ВЕГЕТАРИАНЦЕВ И ВЕГАНОВ. ЧАСТЬ 1. ЖЕЛЕЗО, ЦИНК, МЕДЬ, МАРГАНЕЦ

А.В. Гальченко^{1,2*}, А.М. Назарова¹

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

² Российский университет дружбы народов, Москва

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). Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы являются необходимыми для жизнедеятельности компонентами пищи. Они входят в структуру и являются кофакторами огромного множества белков. При дефиците одного или нескольких из них значительно нарушаются процессы жизнедеятельности организма, повышаются риски многих заболеваний, становятся невозможными рост и размножение. Неравномерность распределения эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов в пище повышает риск их дефицита у тех, кто исключает из рациона те или иные продукты. Веганы потребляют большое количество железа, однако железо из растительных источников имеет низкую биодоступность. Растительная пища также содержит ингибиторы абсорбции железа (фитиновая кислота). В результате этого веганы более подвержены риску железодефицитных анемий в сравнении с всеядными людьми. Дефицит цинка – крайне распространенное состояние. Вероятно, нехватка цинка встречается у половины населения Земли. У веганов риск дефицита цинка ещё больше повышается в результате действия фитатов. Основными источниками меди и марганца являются растительные продукты, вегетарианцы и веганы не подвержены риску дефицита этих элементов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вегетарианство, веганство, микроэлементы, железо, цинк, медь, марганец.

ВВЕДЕНИЕ

Эссенциальные микро- (концентрация в организме – от 0,00001% до 0,01%) и ультрамикроэлементы (концентрация в организме – менее 0,00001%) – абсолютно необходимые организму микронутриенты. Если макроэлементы распределены в пищевых продуктах относительно однородно, то содержание микро- и ультрамикроэлементов может существенно различаться. Таким образом, исключение из рациона каких-либо продуктов питания может приводить к развитию их дефицита.

Из всех макроэлементов только кальций является предметом повышенного риска в отношении веганов. Однако многие микро- и ультрамикроэлементы содержатся в растительных продуктах в ограниченных количествах (Гальченко и Назарова 2019).

Цель работы – краткий обзор физиологии эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов (железо, цинк, медь, марганец) и обеспеченности ими вегетарианцев (людей, не употребляющих мясо и рыбу) и веганов (тех, кто полностью исключил продукты животного происхождения из рациона).

Железо. Железо известно человеку с древних времен. В I тысячелетии до н.э. люди научились плавить и обрабатывать железо. Название элемента произошло от лат. – ferrum (твердый) (Скальный, Рудаков, 2004). Железо – достаточно распространенный в природе элемент. В теле человека содержится от 3 до 5 г железа. При этом 75–80% его находится в составе гемоглобина, 5–10% – в миоглобине, 1% – в митохондриальных компонентах цепи переноса электронов (Авцин и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

* Адрес для переписки:

Гальченко Алексей Владимирович

E-mail: gav.jina@gmail.com

Железо запасается в ретикулоэндотелиальной системе (печени, селезенке, костном мозге) в форме железопротейда – ферритина – в степени окисления +3. Гемсодержащие белки имеют двухвалентное железо (Ленинджер, 1985; Серов, Пальцев (ред.), 1998; Theil, 2003; Оберлис и др., 2008; Барановский (ред.), 2017).

Ион железа участвует в транспорте и депонировании кислорода с гемоглобином и миоглобином; в транспорте электронов (цитохромы, железосеропротеины); формирует активные центры окислительно-восстановительных ферментов – оксидазы, гидроксилазы; участвует в функционировании иммунной системы, так как входит в состав миелопероксидазы. Лигандные комплексы железа стабилизируют геном, однако в ионизированном состоянии могут являться индукторами свободнорадикального перекисного окисления липидов (СПОЛ), вызывать повреждение ДНК и провоцировать гибель клетки. Транспортируется железо в трехвалентной форме в комплексе с белком – трансферрином (Ленинджер, 1985; Северин (ред.), 2004; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Барановский (ред.), 2017).

Железо присутствует в пищевых продуктах в различных формах: окисной (Fe^{3+}) и закисной (Fe^{2+}) (Ленинджер, 1985; Северин (ред.), 2004; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Северин и др., 2008).

Усваиваемость гемового железа может достигать 35%. В других формах его биодоступность гораздо ниже (Скальный, Рудаков, 2004).

Потребность человека в железе по российским стандартам: дети – от 4 до 18 мг/сут, взрослые мужчины – 10 мг/сут, взрослые женщины – 18 мг/сут, во вторую половину беременности женщинам дополнительно требуется 15 мг/сут. Эти же нормы не предусматривают увеличение потребности в железе для кормящих матерей. Верхний допустимый уровень потребления железа – 45 мг/сут (МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления...", 2004; Нормы физиологических потребностей..., 2009), (по некоторым данным – 200 мг/сут) (Скальный, Рудаков, 2004). Летальная доза для человека составляет 7–35 г (Скальный, Рудаков, 2004).

По данным ВОЗ, дефицитом железа страдает примерно 1 млрд человек. Нехватка железа может развиваться при недостаточном его поступлении с пищей, повышенном расходе (при беременности и лактации, активном росте, ин-

тенсивном занятии спортом); при обильных кровотечениях (травматических, менструальных, желудочно-кишечных); при гипоацидном гастрите или длительном применении антацидных препаратов; при заболеваниях кишечника; при дефиците кальция, витаминов С и В12, избыточном потреблении фосфатов, оксалатов, кальция, цинка, токоферолов, свинца (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальная и др., 2004; Скальный, 2004; Камкин, Каменский (ред.), 2004; Zaitseva et al., 2015). При нехватке железа в организме развивается железодефицитная анемия, страдают эпителиальные ткани, угнетается клеточный и гуморальный иммунитет, извращается вкус, могут развиваться дисфагия и запоры (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Северин (ред.), 2004; Камкин, Каменский (ред.), 2004).

Ряд исследований показывает, что взрослые вегетарианцы очень редко имеют дефицит железа в рационе (Dietary Reference Intakes..., 2002; Deriemaeker et al., 2011), или даже потребляют его больше, чем всеядные (Appleby et al., 2002; Davey, et al., 2003; Sobiecki et al., 2016). Однако несколько эпидемиологических исследований показали, что дети, беременные женщины и женщины в пременопаузе, придерживающиеся вегетарианской диеты, потребляют железа меньше, чем рекомендует ВОЗ для данных групп населения (Gorczyca et al., 2013; Deriemaeker et al., 2011).

Исследования показывают, что концентрации гемоглобина и риск железодефицитной анемии примерно одинаковы у всеядных, вегетарианцев и веганов (Craig, 2013). Так, Obeid с соавт. не обнаружили значимого увеличения риска дефицита железа у вегетарианцев (Obeid et al., 2002). В швейцарском исследовании встречаемость дефицита железа была сравнима у всеядных, вегетарианцев и веганов (Schüpbach et al., 2017). В работе А.А. Скальной с соавт. при сравнении женщин-вегетарианок и всеядных женщин в России и Бангладеш не обнаружено значительного снижения концентрации железа в волосах у вегетарианок. Более того, у обеих пищевых групп в России выявлена тенденция к умеренному снижению этого показателя, тогда как у женщин Бангладеш выявлен избыток железа (Skalnaya et al., 2016).

В то же время другие исследователи получили противоположные результаты. Philips обна-

ружил, что вегетарианцы более подвержены риску железодефицитной анемии (Phillips, 2005). В исследовании Drake с соавт. у 26% беременных вегетарианских женщин выявлен дефицит железа (Drake et al., 1998). Финские исследователи показали, что при одинаковой калорийности рационов веганы имели меньшие запасы железа по сравнению со всеядными людьми (Elorinne et al., 2016). При этом ферритин плазмы крови наиболее высокий у всеядных, несмотря на то, что потребление железа выше у веганов (Schüpbach et al., 2017; United Nations Children's Fund..., 1999). Недавний мета-анализ Haider с соавт. подтверждает, что запасы ферритина и у веганов, и у вегетарианцев ниже, чем у всеядных (Haider et al., 2018). Это может быть обусловлено тем, что биодоступность негемового железа ниже, чем гемового. Более того, растительные продукты часто содержат ингибиторы абсорбции железа, такие как полифенолы и фитаты, что ещё больше снижает его биодоступность (Aggett, 2012; Craig, 2009). Витамин С и другие органические кислоты, содержащиеся в овощах и фруктах, могут заметно усилить процесс усвоения железа (Saunders et al., 2013).

Для профилактики дефицита железа ВОЗ рекомендует обогащать им пищевые продукты массового потребления. Например, в США, Канаде, Швеции и в ряде других стран обогащение железом пшеничной муки проводится в законодательном порядке (Барановский (ред.), 2017).

Цинк. Цинк был известен ещё в Индии и Китае с XVI в. Цинк как химический элемент впервые был выделен в 1509 г., но только в середине XX в. были доказаны последствия его дефицита для здоровья людей. В частности, было установлено, что именно недостаток цинка явился причиной гипогонадизма и карликовости сельского населения Ирана (Скальный, Рудаков, 2004; Барановский (ред.), 2017).

В организме взрослого человека содержится 1,5–3 г цинка. Цинк можно обнаружить во всех органах и тканях; но наибольшее его количество содержится в предстательной железе, сперме, коже, волосах, мышечной ткани, клетках крови (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальная, Нотова, 2004). Цинк необходим для синтеза белков, в том числе коллагена и формирования костей. Цинк принимает участие в процессах деления и дифференцировки клеток, формировании Т-клеточного иммунитета; цинк является

кофактором инсулина, супероксиддисмутазы, дигидрокортикостерона. Цинк играет важнейшую роль в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез. Цинк способствует всасыванию витамина Е и поддержанию нормальной концентрации этого витамина в крови. Цинк участвует в кроветворении и метаболизме этанола (Шабров и др., 2003; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальный А., Скальный В., 2013; Сальникова, 2016).

По данным ВОЗ, около половины населения Земли страдает нехваткой цинка. Чаще всего дефицит этого элемента развивается из-за снижения его поступления с пищей, особенно в периоды повышенной потребности в нем: при беременности и лактации, в детском и подростковом возрасте, во время реконвалесценции после заболеваний, травм, ожогов и операций. Кроме того, избыточное поступление меди, кадмия, свинца, ртути, этанола, длительный прием препаратов эстрогенов, глюкокортикоидов, анаболиков, антиметаболитов, иммуносупрессоров, диуретиков могут приводить к снижению количества цинка в организме. Цинк также может активно выводиться с чешуйками кожи при некоторых дерматологических заболеваниях (псориаз, себорея и др.). Дефицит цинка может развиться в результате снижения его всасываемости в кишечнике при энтероколитах, глистных инвазиях (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальный и др., 2005).

Лучшей усваиваемости цинка способствуют витамины А и В6. Большие дозы меди, марганца, железа и цинка снижают всасываемость цинка. Кадмий является антагонистом цинка (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др. 2008).

Дефицит цинка проявляется нарушениями нервно-психической деятельности, угнетением работы органов чувств, поражениями кожи и её придатков, угнетением сексуальной функции и полового развития, особенно у мужчин, снижением клеточного иммунитета, снижением продукции инсулина, накоплением в организме железа, меди, кадмия, свинца. При дефиците цинка повышается риск развития аденомы простаты и других онкологических заболеваний, сахарного диабета, инфекционных и аллергических заболеваний (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальная, Нотова, 2004).

Адекватный уровень потребления цинка в России у взрослых мужчин и женщин составляет

12 мг/сут. У беременных женщин и кормящих матерей – 15 мг/сут. При этом верхний допустимый уровень потребления цинка равен 40 мг/сут (МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления...", 2004; Нормы физиологических потребностей..., 2009). Токсическая доза цинка – 600 мг/сут (Скальный, Рудаков, 2004).

Хотя лидером по содержанию цинка являются устрицы, он содержится так же в большом количестве в растительных продуктах, таких как орехи, бобовые и цельное зерно (Барановский (ред.), 2017). Отмечено, что в растительных продуктах содержатся ингибиторы абсорбции цинка (фитаты) (Hunt, 2003; Craig, 2009; Agnoli et al., 2017), снижающие его биодоступность, и, как следствие, потребность в этом элементе у веганов примерно на 50% выше, чем у невегетарианцев, в связи с чем The Food and Nutritional Board рекомендует потреблять в 1,5 раза больше цинка тем людям, которые получают его только из растительных продуктов (Dietary Reference Intakes..., 2002; Tucker, 2014; Holt et al. 2012). Стоит отметить, что вымачивание, нагревание, заквашивание и ферментирование снижают активность фитатов в отношении этого элемента (Saunders; et al., 2012; Silva et al., 2015). Кроме того, органические кислоты и серосодержащие аминокислоты могут повышать абсорбцию цинка (Коробейникова, 2018). Однако веганы часто имеют дефицит серосодержащих аминокислот (McCarty et al., 2009; Гальченко и др., 2017).

Как показывает ряд исследований, в большинстве регионов Земли вегетарианцы (Craig, 2009; Mangels, 2014) и особенно веганы (Appleby et al. 2002) часто имеют в рационе низкий уровень потребления цинка и его дефицит (Janelle et Barr, 1995; Due et al., 2000; Davey et al., 2003; Hunt, 2003; Craig, Mangels, 2009; Foster et al., 2015; Melina et al., 2016). В то же время R. Schüpbach с соавт. отметили, что потребление цинка примерно одинаково у всех трех групп (Schüpbach et al., 2017). Однако швейцарские авторы выявили дефицит цинка в крови у 47% веганов (Schüpbach et al., 2017). Kraјcovicova-Kudlackova с соавт. также обнаружили, что содержание цинка в крови заметно ниже у веганов и вегетарианцев по сравнению со всеядными (Kraјcovicová-Kudláčková et al., 1995).

В свою очередь Скальная А.А. и соавт. не обнаружили существенных различий в обеспе-

ченности цинком в зависимости от питания и места проживания (Skalnaya et al., 2016).

К сожалению, до сих пор нет единого стандарта оценки статуса цинка. Более того, последствия дефицита цинка плохо изучены (Hunt, 2002).

Медь. Название элемента произошло от лат. Cuprum – Кипр (Скальный, Рудаков, 2004).

Медь способна проникать во все клетки, ткани и органы. Максимальная концентрация меди отмечена в печени, почках, мозге, крови, однако медь можно обнаружить и в других органах и тканях. Ведущую роль в метаболизме меди играет печень, поскольку здесь синтезируется белок церулоплазмин, обладающий ферментативной активностью и участвующий в регуляции гомеостаза меди (Ленинджер, 1985; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Медь является кофактором ферментов многих метаболических путей. Она принимает участие в работе дыхательных пигментов, в тканевом дыхании, синтезе коллагена и эластина. Медь входит в состав миелиновых оболочек нервов. Действие меди на углеводный обмен проявляется посредством ускорения процессов окисления глюкозы, торможения распада гликогена в печени. В составе цитохромоксидазы медь участвует в энергетическом обмене, а в составе супероксиддисмутазы – в нейтрализации свободных радикалов кислорода. Этот биоэлемент повышает устойчивость организма к некоторым инфекциям, связывает микробные токсины и усиливает действие антибиотиков. Медь обладает выраженным противовоспалительным свойством. Медь способствует усвоению железа, а также участвует в гемопоэзе (Ленинджер, 1985; Камкин, Каменский, 2004; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2004; Барановский (ред.), 2017).

В желудочно-кишечном тракте абсорбируется до 95% поступившей в организм меди (причем в желудке ее максимальное количество), затем в двенадцатиперстной кишке, тощей и подвздошной кишке. Лучше всего организмом усваивается двухвалентная медь. В крови медь связывается с сывороточным альбумином (12–17%), аминокислотами – гистидином, треонином, глутамином (10–15%), транскуприном (12–14%) и церулоплазмином (до 60–65%) (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Дефицит меди может развиваться при недостаточном поступлении её с пищей, повышенном выведении при интенсивных физических нагрузках, значительном поступлении в организм молибдена, цинка и железа. Кадмий, марганец, антациды, танины, аскорбиновая кислота способны снижать усвоение меди. Длительный прием кортикостероидов, нестероидных противовоспалительных препаратов, антибиотиков, оральных контрацептивов способствуют усиленному выведению меди из организма (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальный и др., 2005; Zaitseva et al., 2015).

Проявлениями дефицита меди могут быть: снижение всасывания железа, нарушение гемоглобинообразования и развитие гипохромных анемий; снижение синтеза коллагена и эластина и заболевания соединительной ткани; дегенерация миелиновых оболочек нервных клеток, увеличение риска развития рассеянного склероза; задержка полового развития у девочек; нарушение пигментации кожи и волос; угнетение иммунитета; повышение риска развития инфекционных, аллергических и аутоиммунных заболеваний; нарушение липидного обмена и повышение риска сердечно-сосудистых заболеваний (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальный, 2004).

Суточная потребность в меди у взрослых мужчин и женщин составляет 1 мг, у беременных женщин – 1,1 мг, у кормящих матерей – 1,4 мг (МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления...", 2004). Верхний допустимый уровень потребления – 5 мг (Нормы физиологических потребностей..., 2009). Токсичная доза меди – 250 мг. Нет данных о летальной дозе (Скальный, Рудаков, 2004).

Высоко содержание меди в маке, моллюсках, членистоногих, орехах, какао, шоколаде, пивных дрожжах, плодах шиповника, грибах, бобовых, грече, землянике, крыжовнике, зелени, пшеничных отрубях, пшеничных зародышах (Барановский (ред.), 2017).

В исследовании А.А. Скальной с соавт. умеренное снижение концентрации меди в волосах обнаружено у российских вегетарианок и всеядных женщин, в то время как в обеих группах женщин Бангладеш выявлен значительный дефицит меди (Skalnaya et al., 2016).

Марганец. Марганец открыт Ю. Ганом в 1774 г. Название элемента произошло от нем.

manganerz – марганцевая руда и от лат. *magnes* – магнит (Скальный, Рудаков, 2004).

В клетках марганец находится в основном в митохондриях и является кофактором более чем 30 ферментов. В наибольших количествах он присутствует в печени, трубчатых костях, поджелудочной железе, почках (Барановский (ред.), 2017).

Марганец участвует в репродуктивной функции; участвует в регуляции обмена витаминов С, Е, группы В, холина, меди; усиливает утилизацию глюкозы и липидов; участвует в обмене тироксина; необходим для синтеза коллагена; участвует в синтезе медиаторов межнейрональной и нервно-мышечной передачи сигнала; является компонентом ферментов антиоксидантной защиты (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Всасывание марганца происходит в организме на всем протяжении тонкого кишечника. Всасываемость марганца невысока, всего 3–5%. Витамины В1 и Е, а также умеренные количества фосфора и кальция, способствуют абсорбции марганца. Большие концентрации кальция и фосфатов снижают его биодоступность. Выводится марганец преимущественно с калом, потом, мочой (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Причинами дефицита марганца могут быть: недостаточное поступление его в организм в результате неадекватного питания; избыток в рационе кальция, фосфатов, меди и железа; интоксикация цезием и ванадием; повышенный расход марганца при беременности, в периоды активного роста, при физических и нервно-психических перегрузках (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008; Скальный и др., 2005). При дефиците марганца ухудшаются процессы высшей нервной деятельности; нарушается функция скелетной мускулатуры; развиваются дегенеративные явления соединительной ткани, повышается риск развития остеопороза; происходят дистрофические изменения кожных покровов и придатков кожи; нарушаются углеводный и липидный обмен; страдает репродуктивная функция; снижается функция иммунитета; повышается риск инфекционных, аллергических, онкологических заболеваний; повышается риск задержки физического и психического развития у детей (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

Суточная потребность в данном элементе составляет для взрослых мужчин и женщин 2 мг, для беременных – дополнительно 0,2 мг, для кормящих матерей – дополнительно 0,8 мг. Верхний допустимый уровень – 11 мг (МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления...", 2004; Нормы физиологических потребностей..., 2009). Токсическая доза для человека – 40 мг. Данные о летальной дозе отсутствуют (Скальный, Рудаков, 2004).

Марганцем богаты арахис, фундук, орех пекан, бобовые, цельные крупы, черная смородина, черника, шпинат, отруби, чай, каштаны (Барановский (ред.), 2017).

Марганец широко распространен в пищевых продуктах и развитие его дефицита по алиментарным причинам встречается нечасто (Skalnaya et al., 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Химическая схожесть многих эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов приводит к их определенному антагонизму, что повышает риск развития дефицита того или иного биоэлемента. В растительных продуктах содержатся фитиновая и щавелевая кислоты, значительно снижающие биодоступность многих элементов. В дополнение к этому, большое количество пищевых волокон ускоряет пассаж кишечного содержимого и уменьшает время для абсорбции пищевых веществ. Все эти факторы повышают риск развития дефицита железа, цинка и кобальта у веганов. Однако незначительная кулинарная обработка пищи снижает активность фитатов и значительно повышает усваиваемость этих элементов. Грамотный вегетарианский и веганский рацион не повышает риск появления дефицитов железа и цинка в сравнении со смешанным столом. Однако недостаточность цинка все равно встречается очень часто у всех пищевых групп населения.

Медь и марганец достаточно широко представлены в растительных продуктах, поэтому вегетарианцы и веганы не имеют повышенного риска их дефицита.

ЛИТЕРАТУРА

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. АМН СССР. М.: Медицина, 1991. 496 с.

Биохимия: Учебник / Под ред. Е.С. Северина. Изд-е 2, испр. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. 784с.

Гальченко А.В., Морозова Л.Д., Залетова Т.С. Оценка потребности в белке и аминокислотах, исходя из биосинте-

тических потребностей и показателей азотистого баланса. Вопросы диетологии. 2017; 7(2):64–68. DOI: 10.20953/2224-5448-2017-2-64-68.

Гальченко А.В., Назарова А.М. Макроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Микроэлементы в медицине. 2019; 20(2):3–17. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-2-3-17.

Диетология. Изд-е 5 / Под ред. А.Ю. Барановского. СПб: Питер, 2017. 1104 с.

Коробейникова Т.В. Вегетарианство и микронутриенты. Микроэлементы в медицине. 2018; 19(2):34–40.

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.

Патологическая анатомия. Курс лекций / Под ред. В.В. Серова, М.А. Пальцева. М.: Медицина, 1998. 640 с.

Сальникова Е.В. Потребность человека в цинке и его источники (обзор). Микроэлементы в медицине. 2016; 17(4): 11–15.

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.

Фундаментальная и клиническая физиология / Под ред. А. Камкина и А. Каменского. М.: Академия, 2004. 1073 с.

Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. М.: Авваллон, 2003. 184 с.

Aggett P.J. Iron. In: Erdman J.W., Macdonald I.A., Zeisel S.H. (Eds) Present knowledge in nutrition. ILSI International Life Sciences Institute. Washington, 2012.

- Agnoli C., Baroni L., Bertini I., Ciappellano S., Fabbri A., Papa M., Pellegrini N., Sbarbati R., Scarino M., Siani V., Sieri S. Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of human nutrition. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 2017; 27:1037–1052.
- Appleby P., Davey G., Key T. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC-Oxford. *Public Health Nutr*. 2002; 5(5):645–654. doi:10.1079/PHN2002332.
- Craig W.J., Mangels A.R. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc*. 2009; 109(7):1266–1282.
- Craig W.J. Health effects of vegan diets. *Am J Clin Nutr*. 2009 May; 89(5):1627S–1633S. doi: 10.3945/ajcn.2009.26736N. Epub 2009 Mar 11.
- Craig W.J. Iron status of vegetarians. *Am J Clin Nutr*. 1994; 59(suppl): 1233S–7S.; United Nations Children's Fund, United Nations University, World Health Organization. Iron deficiency anaemia assessment, prevention, and control. A guide for programme managers. http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/WHO_NHD_01_3/en/. Accessed September 12, 2013.
- 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.
- Deriemaeker P., Aerenhouts D., De Ridder D., Hebbelinc M., Clarys P. Health aspects, nutrition and physical characteristics in matched samples of institutionalized vegetarian and nonvegetarian elderly (>65yrs). *Nutr Metab*. 2011; 14. 8(1):37.
- Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. United States Department of Agriculture. National Agricultural Library. 2002.
- Drake R., Reddy S., Davies J. Nutrient intake during pregnancy and pregnancy outcome of lacto-ovo-vegetarians, fish-eaters and non-vegetarians. *Veg Nutr*. 1998; 2:45–52.
- 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., Alftan 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.
- Foster M., Chu A., Petocz P., Samman S. Effect of vegetarian diets on zinc status: A systematic review and meta-analysis of studies in humans. *J Sci Food Agric*. 2013; (15). 93:2362–2371.
- Haider L.M., Schwingshackl L., Hoffmann G., Ekmekcioglu C. The effect of vegetarian diets on iron status in adults: A systematic review and meta-analysis. *Crit. Rev. FoodSci. Nutr*. 2018; 58(8):1359–1374.
- Holt R.R., Uriu-Adams J.Y., Keen C.L. Zinc. In: Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH (eds) Present knowledge in nutrition. ILSI International Life Sciences Institute. Washington, 2012.
- Hunt J. Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. *Am J Clin Nutr*. 2003; 78(3):633–639.
- Hunt J.R. Moving towards a plant-based diet: are iron and zinc at risk? *Nutr Rev* 2002; 60:127–34.
- Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc Institute of Medicine. – [http://www.iom.edu/ Reports/2001/Dietary-Reference-Intakesfor-Vitamin-A-Vitamin-K-Arsenic-Boron-Chromium-Copper-Iodine-Iron-Manganese-Molybdenum-Nickel-Silicon-Vanadium-and-Zinc.aspx#sthash.gITnT436.dpuf](http://www.iom.edu/Reports/2001/Dietary-Reference-Intakesfor-Vitamin-A-Vitamin-K-Arsenic-Boron-Chromium-Copper-Iodine-Iron-Manganese-Molybdenum-Nickel-Silicon-Vanadium-and-Zinc.aspx#sthash.gITnT436.dpuf). Accessed October 15, 2013.
- Janelle K., Barr S. Nutrient intakes and eating behavior see of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc*. 1995; 95(2):180–189.
- 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.
- Mangels A.R. Bone nutrients for vegetarians. *Am J Clin Nutr*. 2014 Jul; 100 Suppl 1:469S–75S. doi: 10.3945/ajcn.113.071423. Epub 2014 Jun 4.
- McCarty M., Barroso-Aranda J., Contreras F. The low-methionine content of vegan diets may make methionine restriction feasible as a life extension strategy. *Medical Hypotheses*. 2009; 72(2):125–128.
- Melina V., Craig W., Levin S. Position of the academy of nutrition and dietetics: vegetarian diets. *J Acad Nutr Diet*. 2016; 116(12):1970–1980.
- 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.
- Saunders A.V., Craig W.J., Baines S.K., Posen J.S. Iron and vegetarian diets. *Med. J. Aust*. 2013; 199(4):11–16.
- Saunders A.V., Craig W.J., Baines S.K. Zinc and vegetarian diets. *MJA Open*. 2012; 1(S2):17–21.
- 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.

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.

Theil E.C. Ferritin: at the crossroads of iron and oxygen metabolism. *J Nutr.* 2003 May; 133(5 Suppl 1):1549S–53S. Review. PMID 12730463

Tucker K.L. Vegetarian diets and bone status. *Am J Clin Nutr.* 2014 Jul; 100 Suppl 1:329S–35S. doi: 10.3945/ajcn.113.071621. Epub 2014 Jun 4.

United Nations Children's Fund, United Nations University, World Health Organization. Iron deficiency anaemia assessment, prevention, and control. A guide for programme managers. http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/WHO_NHD_01_3/en/. Accessed September 12, 2013; Wilson AK, Ball MJ. Nutrient intake and iron status of Australian male vegetarians. *Eur J Clin Nutr.* 1999; 53:189–194.

Zaitseva I.P., Skalny A.A., Tinkov A.A., Berezkina E.S., Grabeklis A.R., Nikonorov A.A., Skalny A.V. Blood Essential Trace Elements and Vitamins in Students with Different Physical Activity. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2015; 14:721–726.

Zaitseva I.P., Skalny A.A., Tinkov A.A., Berezkina E.S., Grabeklis A.R., Nikonorov A.A., Skalny A.V. Blood Essential Trace Elements and Vitamins in Students with Different Physical Activity. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2015; 14:721–726.

ESSENTIAL TRACE AND ULTRA TRACE ELEMENTS IN NUTRITION OF VEGETARIANS AND VEGANS. PART 1. IRON, ZINC, COPPER, MANGANESE

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. Essential trace and ultra trace elements are absolutely important components of food. They are included in structure and are cofactors of a huge variety of proteins. With the deficit of one or several of them, the vital processes of the organism are significantly disturbed, the risks of many diseases increase, growth and reproduction become impossible. The unequal distribution of essential trace and ultra trace elements in food increases the risk of their deficiency in those who exclude certain foods from the diet.

Vegans consume large amounts of iron, but iron from plant sources has a low bioavailability. Plant foods also contain iron absorption inhibitors such as phytic acid. As a result, vegans are more likely to be at risk of iron deficiency anaemia if compared with omnivores. Zinc deficiency is an extremely common condition. Probably, a shortage of zinc is found in half of the world's population. In vegans, the risk of zinc deficiency is further increased by the action of phytates. The main sources of copper, chromium and manganese are plant products, vegetarians and vegans don't seem to be at risk of deficiency of these elements.

KEYWORDS: vegetarian, vegan, trace elements, iron, zinc, copper, manganese.

REFERENCES

Avcyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. Mikrojelementozy cheloveka: jetiologija, klassifikacija, organopatologija. AMN SSSR. M.: Medicina, 1991. 496 s. (In Russ.).

Biohimija: Uchebnik / Pod red. E.S. Severina. Izd-e 2, ispr. M.: GJeOTAR-MED, 2004. 784 s. (In Russ.).

Galchenko A.V., Morozova L.D., Zaletova T.S. Ocenka potrebnosti v belke i aminokislotah, ishodja iz biosinteticheskikh potrebnostej i pokazatelej azotistogo balansa. *Voprosy dietologii.* 2017; 7(2):64–68. DOI: 10.20953/2224-5448-2017-2-64-68 (In Russ.).

Galchenko A.V., Nazarova A.M. Makrojelementy v pitanii vegetariancev i veganov. *Mikrojelementy v medicine.* 2019; 20(2):3–17. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-2-3-17 (In Russ.).

Dietologija. Izd-e 5 / Pod red. A.Ju. Baranovskogo. SPb: Piter, 2017. 1104 s. (In Russ.).

Korobejnikova T.V. Vegetarianstvo i mikronutrienty. *Mikrojelementy v medicine.* 2018; 19(2):34–40 (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 pishhevnyh i biologicheskii aktivnyh veshhestv. Metodicheskie rekomendacii» (utv. Rospotrebnadzorom 02.07.2004). S. 44 (In Russ.).

Normy fiziologicheskikh potrebnostej v jenerгии i pishhevnyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii. Metodicheskie rekomendacii. M.: Federal'nyj centr gigeny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. 36 s. (In Russ.).

- Oberlis D., Harland B., Skalny A. *Biologicheskaja rol' makro- i mikrojelementov u cheloveka i zhivotnyh*. SPb: Nauka, 2008. 542 s. (In Russ.).
- Patologicheskaja anatomija. Kurs lekcij / Pod red. V.V. Serova, M.A. Pal'ceva. M: Medicina, 1998. 640 s. (In Russ.).
- Salnikova E.V. Potrebnost' cheloveka v cinke i ego istochniki (obzor). *Mikrojelementy v medicine*. 2016; 17(4): 11–15 (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.).
- Skalnaja M.G., Dubovoj R.M., Skal'nyj A.V. Himicheskie jelementy-mikronutrienty kak rezerv vosstanovlenija zdorov'ja zhitelej Rossii. Orenburg: RIK GOU OGU, 2004. 239 s. (In Russ.).
- Skalnaja M.G., Notova S.V. Makro- i mikrojelementy v pitanii sovremennogo cheloveka: jekologo-fiziologicheskie i social'nye aspekty. M.: ROSMJeM, 2004. 310 s. (In Russ.).
- Skalny A.A., Skalny V.V. Deficit cinka u sportsmenov: obzor. *Mikrojelementy v medicine*. 2013; 14 (1):8–11 (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., Skalny V.V., Baranova O.V. *Osnovy zdorovogo pitanija: posobie po obshhej nutriciologii*. Orenburg: GOU OGU, 2005. 117 s. (In Russ.).
- Tutel'jan V.A. Himicheskij sostav i kalorijnost' rossijskih produktov pitanija: Spravochnik. M.: DeLi pljus, 2012. 284 s. (In Russ.).
- Fundamental'naja i klinicheskaja fiziologija / Pod red. A. Kamkina i A. Kamenskogo. M.: Akademija, 2004. 1073 s. (In Russ.).
- Shabrov A.V., Dadali V.A., Makarov V.G. *Biohimicheskie osnovy dejstvija mikrokomponentov pishhi*. M.: Avvallon, 2003. 184 s. (In Russ.).
- Aggett P.J. Iron. In: Erdman J.W., Macdonald I.A., Zeisel S.H. (Eds) *Present knowledge in nutrition*. ILSI International Life Sciences Institute. Washington, 2012.
- Appleby P., Davey G., Key T. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC-Oxford. *Public Health Nutr*. 2002; 5(5):645–654. doi:10.1079/ PHN2002332.
- Craig W.J., Mangels A.R. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc*. 2009; 109(7):1266–1282.
- Craig W.J. Health effects of vegan diets. *Am J Clin Nutr*. 2009 May; 89(5):1627S–1633S. doi: 10.3945/ajcn.2009.26736N.Epub 2009 Mar 11.
- Craig W.J. Iron status of vegetarians. *Am J Clin Nutr*. 1994; 59(suppl): 1233S–7S.; United Nations Children's Fund, United Nations University, World Health Organization. Iron deficiency anaemia assessment, prevention, and control. A guide for programme managers. http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/WHO_NHD_01_3/en/. Accessed September 12, 2013.
- 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.
- Deriemaeker P., Aerenhouts D., De Ridder D., Hebbelinc M., Clarys P. Health aspects, nutrition and physical characteristics in matched samples of institutionalized vegetarian and nonvegetarian elderly (>65yrs). *Nutr Metab*. 2011; 14. 8(1):37.
- Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. United States Department of Agriculture. National Agricultural Library. 2002.
- Drake R., Reddy S., Davies J. Nutrient intake during pregnancy and pregnancy outcome of lacto-ovo-vegetarians, fish-eaters and non-vegetarians. *Veg Nutr*. 1998; 2:45–52.
- Due L., Sinclair A.J., Mann N.J., Turner A., Ball MJ. 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.
- Foster M., Chu A., Petocz P., Samman S. Effect of vegetarian diets on zinc status: A systematic review and meta-analysis of studies in humans. *J Sci Food Agric*. 2013; (15). 93:2362–2371.
- Gorczyca D., Prescha A., Szeremeta K., Jankowski A. Iron status and dietary iron intake of vegetarian children from Poland. *Ann Nutr Metab*. 2013; 62(4):291–297.
- Haider L.M., Schwingshackl L., Hoffmann G., Ekmekcioglu C. The effect of vegetarian diets on iron status in adults: A systematic review and meta-analysis. *Crit. Rev. FoodSci. Nutr*. 2018; 58(8):1359–1374.

- Holt R.R., Uriu-Adams J.Y., Keen C.L. Zinc. In: Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH (eds) Present knowledge in nutrition. ILSI International Life Sciences Institute. Washington, 2012.
- Hunt J. Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. *Am J Clin Nutr.* 2003; 78(3):633–639.
- Hunt J.R. Moving towards a plant-based diet: are iron and zinc at risk? *Nutr Rev* 2002; 60:127–34.
- Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Institute of Medicine. – [http://www.iom.edu/ Reports/2001/Dietary-Reference-Intakes-for-Vitamin-A-Vitamin-K-Arsenic-Boron-Chromium-Copper-Iodine-Iron-Manganese-Molybdenum-Nickel-Silicon-Vanadium-and-Zinc.aspx#sthash.gITnT436.dpuf](http://www.iom.edu/Reports/2001/Dietary-Reference-Intakes-for-Vitamin-A-Vitamin-K-Arsenic-Boron-Chromium-Copper-Iodine-Iron-Manganese-Molybdenum-Nickel-Silicon-Vanadium-and-Zinc.aspx#sthash.gITnT436.dpuf). Accessed October 15, 2013.
- Janelle K., Barr S. Nutrient intakes and eating behavior see of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95(2):180–189.
- 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.
- Mangels A.R. Bone nutrients for vegetarians. *Am J Clin Nutr.* 2014 Jul; 100 Suppl 1:469S–75S. doi: 10.3945/ajcn.113.071423. Epub 2014 Jun 4.
- McCarty M., Barroso-Aranda J., Contreras F. The low-methionine content of vegan diets may make methionine restriction feasible as a life extension strategy. *Medical Hypotheses.* 2009; 72(2):125–128.
- Melina V., Craig W., Levin S. Position of the academy of nutrition and dietetics: vegetarian diets. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116(12):1970–1980.
- 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.
- Saunders A.V., Craig W.J., Baines S.K., Posen J.S. Iron and vegetarian diets. *Med. J. Aust.* 2013; 199(4):11–16.
- Saunders A.V., Craig W.J., Baines S.K. Zinc and vegetarian diets. *MJA Open.* 2012; 1(S2):17–21.
- 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.
- 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.
- Theil E.C. Ferritin: at the crossroads of iron and oxygen metabolism. *J Nutr.* 2003 May; 133(5 Suppl 1):1549S–53S. Review. PMID 12730463
- Tucker K.L. Vegetarian diets and bone status. *Am J Clin Nutr.* 2014 Jul; 100 Suppl 1:329S–35S. doi: 10.3945/ajcn.113.071621. Epub 2014 Jun 4.
- United Nations Children’s Fund, United Nations University, World Health Organization. Iron deficiency anaemia assessment, prevention, and control. A guide for programme managers. http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/WHO_NHD_01_3/en/. Accessed September 12, 2013; Wilson AK, Ball MJ. Nutrient intake and iron status of Australian male vegetarians. *Eur J Clin Nutr.* 1999; 53:189–194.
- Zaitseva I.P., Skalny A.A., Tinkov A.A., Berezkina E.S., Grabeklis A.R., Nikonorov A.A., Skalny A.V. Blood Essential Trace Elements and Vitamins in Students with Different Physical Activity. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2015; 14:721–726.