

Для корреспонденции

Погожева Алла Владимировна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-53-87

E-mail: allapogozheva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4619-291X>

Погожева А.В.^{1,2}, Коденцова В.М.¹, Шарафетдинов Х.Х.¹⁻³

Роль магния и калия в профилактическом и лечебном питании

The role of magnesium and potassium in preventive and therapeutic nutrition

Pogozheva A.V.^{1,2}, Kodentsova V.M.¹, Sharafetdinov Kh.Kh.¹⁻³

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 123242, г. Москва, Российская Федерация

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 123242, Moscow, Russian Federation

Благодаря универсальности своих функций и участию во всех видах обмена веществ магний можно считать основным катионом в организме человека. Не менее важна роль основного внутриклеточного иона – калия, который является синергистом магния, особенно в отношении влияния на функционирование сердечно-сосудистой системы. В России отмечается недостаточное потребление населением магния и калия.

Финансирование. Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по НИР.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Вклад авторов. Концепция и дизайн исследования – Коденцова В.М., Погожева А.В.; написание текста – Коденцова В.М., Погожева А.В.; редактирование – Шарафетдинов Х.Х.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все авторы.

Для цитирования: Погожева А.В., Коденцова В.М., Шарафетдинов Х.Х. Роль магния и калия в профилактическом и лечебном питании // Вопросы питания. 2022. Т. 91, № 5. С. 29–42. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-29-42>

Статья поступила в редакцию 12.07.2022. **Принята в печать** 30.08.2022.

Funding. Research work was carried out at the expense of the state budget for the implementation of the state assignment for research.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Contribution. The concept and design of the study – Kodentsova V.M., Pogozheva A. V.; writing the text – Kodentsova V.M., Pogozheva A. V.; editing – Sharafetdinov Kh.Kh.; approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all authors.

For citation: Pogozheva A.V., Kodentsova V.M., Sharafetdinov Kh.Kh. The role of magnesium and potassium in preventive and therapeutic nutrition. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2022; 91 (5): 29–42. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-29-42> (in Russian)

Received 12.07.2022. **Accepted** 30.08.2022.

Цель работы – оценка роли магния и калия в обеспечении здоровья населения.

Материал и методы. Поиск литературы проводили с помощью систем PubMed, Google Scholar, ResearchGate, РИНЦ преимущественно за последние 10 лет, за исключением работ, имеющих принципиальное значение, по ключевым словам «magnesium», «bioavailability», «potassium», «efficiency», «магний», «калий», «биодоступность», «эффективность».

Результаты. Хроническая гипомagnesемия и гипокалиемия вовлечена в патогенез различных нарушений обмена веществ (метаболический синдром, инсулинорезистентность и сахарный диабет 2 типа, артериальная гипертензия, гиперлипидемия и вялотекущее воспаление). Дефицит магния способствует повышению риска сердечно-сосудистых (аритмия, артериальная гипертензия, сердечная недостаточность), неврологических (инсульт) заболеваний и депрессии, а также заболеваний органов дыхания (бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких). Дефицит калия также связан с патологией сердечно-сосудистой системы. Адекватное потребление магния и калия с пищей (включая специализированные пищевые продукты) и/или биологически активными добавками к пище предотвращает развитие хронических метаболических осложнений. Различные соединения магния, используемые для коррекции его дефицита, обладают разной биодоступностью.

Заключение. Доказана целесообразность компенсации дефицита магния и калия в питании как в профилактических целях у здорового человека, так и как часть диетотерапии у больного человека. Обогащение рациона магнием и калием является надежной немедикаментозной экономичной и безопасной профилактикой хронического дефицита и ассоциированных с ним нарушений обмена веществ.

Ключевые слова: магний; потребление; дефицит; биодоступность; клинические испытания; социально значимые заболевания

Due to the versatility of its functions and participation in all types of metabolism, magnesium can be considered the main cation in the human organism. Equally important is the role of the main intracellular ion – potassium, which is a synergist of magnesium, especially with regard to the effect on cardiovascular system function. In Russia, there is insufficient consumption of magnesium and potassium by the population.

The purpose of the work was to assess the role of magnesium and potassium in ensuring public health.

Material and methods. Literature search was carried out using PubMed, Google Scholar, ResearchGate, RISC systems mainly over the past 10 years, with the exception of works of fundamental importance, according to the keywords “magnesium”, “bioavailability”, “potassium”, “efficiency”.

Results. Chronic hypomagnesemia and hypokalemia are involved in the pathogenesis of various metabolic disorders (metabolic syndrome, insulin resistance and type 2 diabetes mellitus, hypertension, hyperlipidemia and sluggish inflammation). Magnesium deficiency increases the risk of cardiovascular (arrhythmia, hypertension, heart failure), neurological diseases (stroke) and depression, as well as diseases of the respiratory system (bronchial asthma, chronic obstructive pulmonary disease). Potassium deficiency is also associated with pathology of the cardiovascular system. Adequate intake of magnesium and potassium with food and/or dietary supplements prevents the development of chronic metabolic complications. Various magnesium compounds used to correct its deficiency, have different bioavailability.

Conclusion. The expediency of compensating for magnesium and potassium deficiency in nutrition has been proven both for preventive purposes in a healthy person and as part of diet therapy in a patient. Enrichment of the diet with magnesium and potassium is a reliable non-drug, economical and safe prevention of chronic deficiency and associated metabolic disorders.

Keywords: magnesium; potassium; consumption; deficiency; bioavailability; clinical trials; socially significant diseases

Магний

В последнее время эссенциальный макроэлемент магний (Mg) часто называют забытым катионом в связи с тем, что ему уделяется недостаточно внимания. Вместе с тем растущий объем публикаций за последние годы свидетельствует о том, что Mg, участвующий более чем в 300 ферментативных реакциях, обладает широким спектром действия при сердечно-сосудистых (ССЗ) [1, 2], желудочно-кишечных [3], инфекционных [4], метаболических заболеваниях, таких как сахарный диабет (СД) 2 типа [5], заболеваниях костно-мышечной системы [6].

Физиологическая роль магния

Магний – второй по распространенности внутриклеточный катион, который участвует в различных ферментативных реакциях, регулируя жизненно важные биологические функции.

Внутриклеточные и сывороточные концентрации Mg варьируют от 5 до 20 и от 0,76 до 1,15 ммоль/л соответственно. В сыворотке крови Mg содержится в основном

в ионизированной форме (55–70%), в том числе в связанном с белками состоянии (20–30%), 5–15% Mg присутствует в виде сульфатных, бикарбонатных и фосфатных солей [7]. Внутриклеточный Mg существует в виде ионизированной формы (1–5%) в связанном с белками и аденозинтрифосфатом (АТФ) состоянии [7].

Концентрация Mg в эритроцитах относительно высока – около 1,65–2,65 ммоль/л. При дефиците Mg нормальный уровень в сыворотке поддерживается путем его выведения из эритроцитов. Именно поэтому содержание Mg в эритроцитах считается хорошим маркером дефицита этого элемента [8].

Основными депо Mg являются кости (60%), мышцы (20%) и мягкие ткани (19%) [9]. В костях Mg существует в виде кристаллической структуры гидроксилатапата, который играет важную роль в поддержании его нормального уровня в сыворотке крови, уменьшаясь при недостатке этого элемента в питании [10]. Содержание Mg в костной ткани с возрастом снижается, и только 1/3 его доступна для ионного обмена и поддержания внеклеточного уровня [7].

В регуляции нормального уровня Mg участвуют несколько гормонов, а именно витамин D, паратиреоидный гормон (ПТГ) и эстроген [9].

Важную роль в поддержании уровня Mg в плазме крови играют почки. В сутки клубочками фильтруется около 2400 мг Mg; из них 95% реабсорбируется обратно, а выводится только 100 мг [7].

Будучи положительно заряженным, ион Mg участвует в стабилизации отрицательно заряженных молекул ДНК и РНК, модуляции активности ферментов, регуляции функционирования ионных каналов и защите клетки от окислительного стресса. Таким образом, уменьшение уровня Mg может нарушать эти функции и способствовать возникновению патологических состояний.

Mg также участвует в обмене кальция, калия, натрия и витамина D [11–13].

Концентрация Mg в мозге влияет на многочисленные биохимические процессы, связанные с когнитивными функциями, включая стабильность и целостность клеточных мембран, NMDA-рецептор, ответ на возбуждающие раздражители и действие антагониста Ca [5]. Mg важен для регуляции электрической и химической нейронной связи; это подразумевает его роль в синаптической пластичности и генерации нейронной сети [14].

Рекомендуемый уровень потребления магния

Показано, что потребление Mg менее 420 мг/сут способствует повышению риска инсульта и других ССЗ [15, 16]. На основании того, что дефицит Mg может вызывать гипокальциемию и гипокалиемию, приводя к неврологическим или ССЗ, а также принимая во внимание участие этого макроэлемента в многочисленных физиологических процессах и активации витамина D [13], в том числе исходя из опыта других стран, рекомендуемая норма потребления для взрослого населения РФ в 2021 г. была увеличена и составляет в настоящее время в соответствии с МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» 420 мг/сут [17].

Потребление магния населением России

Среднее потребление Mg в разных странах составляет примерно 350 мг/сут, что не достигает рекомендуемых Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) норм [18].

Показано, что у взрослых пациентов медицинских учреждений Центрального, Северо-Западного, Северо-Кавказского и Сибирского федеральных округов России среднее потребление Mg составляет 185±90 мг/сут. Адекватно обеспечены Mg по результатам определения его концентрации в плазме крови и оценки суточного потребления оказались лишь 6–9% обследованных [19].

Установлено, что жители Республики Саха (Якутия) получают в составе рациона в среднем 224 мг/сут Mg [20]. В Свердловской области адекватное потребление Mg отмечено только у 45% школьников и у 21% работ-

ников промышленных предприятий [21]. В Московском регионе у лиц с ожирением содержание в рационе Mg составило 326,5 мг/сут [22]. Показано, что женщины с индексом массы тела >30 кг/м² потребляли ежедневно 304 мг Mg, а мужчины – 424 мг [23].

Вклад Mg за счет питьевой воды у населения Приморья колеблется от 2,0 до 7,5% от всего суточного потребления [24].

Показано, что недостаточный уровень Mg в рационе и сыворотке крови отмечался практически у 80% беременных с клиническими проявлениями его дефицита (гипертонус матки, судороги ног, преэклампсия, неврастения) [25].

Гипомагниемия

Клинические проявления гипомагниемии

Ранние признаки дефицита Mg неспецифичны и включают потерю аппетита, вялость, тошноту, рвоту, утомляемость и слабость [3].

Признаками выраженного дефицита Mg служат тремор, возбуждение и мышечные судороги, аритмии, желудочковая тахикардия, изменения поведения личности или депрессия [3].

Клиническими проявлениями гипомагниемии являются нарушения со стороны нервно-мышечной, сердечно-сосудистой системы: тремор, фасцикуляции, тетания, головные боли, судороги, повышенная и общая утомляемость, астения, аритмии, артериальная гипертензия (АГ), хроническая сердечная недостаточность, остеопороз [26]. Кроме того, биохимическими признаками гипомагниемии могут быть гипокалиемия, гипокальциемия.

В табл. 1 суммированы клинические проявления дефицита Mg.

Мышечные судороги являются одним из характерных и повторяющихся признаков тяжелой или хронической гипомагниемии и возникают вследствие возбуждения нейронов, чем и объясняется свойство Mg как антагониста кальция оказывать облегчающий эффект при этом симптоме [7].

Критерии оценки магниевого статуса

В табл. 2 суммированы используемые в настоящее время методы оценки обеспеченности организма Mg.

Дефицит Mg трудно диагностировать, так как уровень в плазме крови составляет всего 0,3% от его общего содержания в организме и, таким образом, не всегда отражает его внутриклеточное содержание. В норме содержание Mg в сыворотке крови составляет 0,7–1,0 ммоль/л [10]. Уровень Mg в сыворотке крови <0,82 ммоль/л (2,0 мг/дл) при его 24-часовой экскреции с мочой 40–80 мг свидетельствует о дефиците Mg [10]. Концентрация Mg в эритроцитах считается самым надежным способом выявления дефицита этого минерального элемента.

Соотношение Mg : Ca в сыворотке крови (≥0,4 оптимальное, 0,36–0,28 – слишком низкое) является более

Таблица 1. Клинические проявления дефицита магния (модификация [3])

Table 1. Clinical manifestations of magnesium deficiency (modification [3])

Система организма <i>Body system</i>	Клинические проявления <i>Clinical manifestations</i>
Общие	Астенический синдром
Мышечная система	Мышечный спазм, карпепедальный спазм, спазм мочевого пузыря, судороги ног, включая подошвы стоп, икры, мышц лица, включая жевательные мышцы, тетания, боли в спине, шее
Периферическая/ центральная нервная система	Нервозность, мигрень, депрессия, нистагм, парестезия, проблемы с памятью, судороги, тремор, головокружение
Желудочно-кишечный тракт	Запоры
Сердечно-сосудистая система	Аритмии, артериальная гипертензия, сердечная недостаточность, повышенный риск сердечно-сосудистой смертности
Электролиты	Гипокалиемиия, гипокальциемиия, задержка натрия в организме
Обменные нарушения	Дислипидемиия, инсулинорезистентность, нарушение гомеостаза глюкозы, метаболический синдром, остеопороз, нарушение метаболизма витамина D, низкий уровень паратгормона, почечнокаменная болезнь (оксалатурия)
Разное	Астма, синдром хронической усталости
Беременность	Осложнения: выкидыш, преждевременные роды, преэклампсия

практичным и чувствительным индикатором состояния статуса Mg, чем только его уровень в сыворотке крови [10].

Причины гипомagneмии

Причинами гипомagneмии служит снижение потребления Mg с пищей, что может быть результатом нерационального питания (в том числе высокого потребления рафинированных продуктов), голодания и алкогольной зависимости [27]. Некоторые компоненты рациона (фитиновая кислота, щавелевая кислота, кальций) затрудняют всасывание Mg, а ксантины (в составе кофе или крепкого чая) и алкоголь приводят к усилению его потери с мочой [28].

Кроме того, дефицит Mg может развиваться при неадекватном парентеральном питании пациентов. К снижению усвоения приводят воспалительные заболевания кишечника, синдром короткого кишечника, которые уменьшают его всасывание [7].

Основные причины развития гипомagneмии суммированы в табл. 3.

К дефициту Mg могут приводить синдром «голодных костей» вследствие усиленного поглощения кальция, который был вымыт из костей под влиянием избытка тиреоидных гормонов или ПТГ, лечение диабетического кетоацидоза, острый панкреатит, повышенные потери через почечную и/или желудочно-кишечную систему при диарее, рвоте, мальабсорбции. Недостаток Mg может возникать при использовании ряда лекарственных средств: ингибиторов протонной помпы [30], тиазидных диуретиков, аминогликозидных антибиотиков, амфотерицина В, цисплатина, пентамидина, циклоспорина вследствие нарушения почечной реабсорбции Mg [10, 26]. Распространенность мультиморбидности в популяции увеличивается с возрастом и неизбежно приводит к полифармакотерапии, особенно среди пожилых людей, что отражается на обеспеченности Mg этого контингента.

Таблица 2. Методы оценки магниевого статуса и их клиническая значимость [7, 10]

Table 2. Methods for assessing magnesium status and their clinical significance [7, 10]

Показатель или метод <i>Indicator or method</i>	Клиническая значимость <i>Clinical significance</i>
Концентрация Mg в эритроцитах	Отражает фактический статус Mg
Неинвазивный внутриклеточный минерально-электролитный анализ	Для определения уровня Mg в тканях
Минеральный анализ волос	Отражает общий минеральный химический состав организма и состояние здоровья
Концентрация Mg в сыворотке крови	<0,7 ммоль/л указывает на его дефицит
24-часовая экскреция Mg с мочой или фракционная экскреция	Выведение >10–30 мг/сут или более 2% при фракционной экскреции указывает на истощение почек
Нагрузочный тест	Задержка >27% от введенного перорально или внутривенно Mg при оценке суточной экскреции указывает на его дефицит
Соотношение Mg : Ca в сыворотке крови	Чувствительный индикатор статуса и оборота Mg (оптимальное ≥0,4)
Изотопный анализ	Для оценки всасывания Mg из желудочно-кишечного тракта использовали 26 мг, но это было ограничено исследовательскими целями для подтверждения влияния компонентов рациона на его усвоение

Таблица 3. Факторы, способствующие развитию гипомagneмии [29]

Table 3. Factors contributing to the development of hypomagnesemia [29]

Причины / Causes	Состояния / Condition
Синдром мальабсорбции	Болезнь Крона, язвенный колит, глютеновая болезнь, синдром короткой кишки, болезнь Уиппла, хроническая диарея, недостаточность поджелудочной железы, воспалительные заболевания кишечника
Эндокринные заболевания	Альдостеронизм, гиперпаратиреоз, гипертиреоз, плохо контролируемый сахарный диабет
Заболевания почек	Хроническая почечная недостаточность, диализ, острый канальцевый некроз, постобструктивный диурез, состояния после трансплантации почки, чрезмерное увеличение объема мочи, хронический метаболический ацидоз
Побочные эффекты лекарственных средств	Петлевые диуретики, аминогликозиды, амфотерицин В, циклоспорин и такролимус, цисплатин, цетуксимаб, омепразол, пентамидин
Расстройства обмена веществ и водно-электролитного баланса	Рефиндинг-синдром, операции на сердце и легких
Другие причины	Несбалансированное питание, хронический алкоголизм, стресс, сильные ожоги, беременность, лактация

Некоторые последствия гипомagneмии

При дефиците Mg увеличивается количество свободных Ca-связывающих сайтов и происходит избыточное связывание Ca с этими сайтами, что приводит к гиперконстрикции. Кроме того, комплекс АТФ с Mg необходим для функционирования рианодинчувствительных кальциевых каналов и активности Ca-АТФазы саркоплазматического ретикулума, которые участвуют в высвобождении и обратном захвате Ca²⁺ в процессе сокращения мышц. Mg требуется как на стадии отдыха, так и при физических нагрузках. Повышенный оборот Mg во время физических упражнений вызывает состояние его недостаточности, приводя к АГ [7].

Дефицит Mg отрицательно сказывается на активности ферментов цикла лимонной кислоты и метаболизма жирных кислот, влияя на окислительно-восстановительный потенциал НАДН/НАД⁺ с высвобождением активных форм кислорода [31].

Дефицит Mg посредством различных механизмов (высвобождение нейромедиаторов, повышение уровня транскрипционного фактора NF-κβ, увеличение содержания Ca в клетках) запускает воспалительные процессы [32].

Влияние недостаточности магния на риск заболеваний

Клинические и доклинические исследования показали, что уровень Mg низкий при различных патологических состояниях, таких как мигрень [33], инсульт, нейродегенеративные заболевания (болезнь Альцгеймера) [34], депрессия, эпилепсия, СД 2 типа, метаболический синдром [35], остеопороз, ССЗ [36–38], а также при использовании ингибиторов протонной помпы [39]. Коррекция гипомagneмии является важной стратегией лечения этих состояний.

Ожирение

Как у взрослых, так и у детей с ожирением обнаруживается более низкая концентрация Mg в плазме крови, а у здоровых лиц – обратная корреляция между концен-

трацией Mg в плазме крови и массой тела. Недостаточное потребление Mg приводит к снижению его всасывания в кишечнике и способствует провоспалительной реакции у лиц с избыточной массой тела и ожирением, а воспаление кишечника, в свою очередь, ухудшает всасывание этого макроэлемента [29].

Сердечно-сосудистые заболевания

У пациентов с АГ III степени концентрация Mg в сыворотке крови была ниже по сравнению с таковой у пациентов с АГ I степени [40]. Соотношение Mg : Ca в сыворотке крови также уменьшалось по мере прогрессирования АГ [40].

Результаты исследования PREDIMED (Prevention with Mediterranean Diet – Профилактика с помощью средиземноморской диеты) свидетельствуют, что у лиц с адекватным потреблением Mg риск смерти был на 34% ниже, чем среди лиц с его недостаточным потреблением, за счет его сосудорасширяющего, антиаритмического, гипотензивного, антиагрегантного и противовоспалительного эффектов [41, 42].

Сахарный диабет 2 типа

Низкий уровень Mg в сыворотке крови у пациентов с СД 2 типа приводит к развитию диабетической ретинопатии и других хронических осложнений этого заболевания, ухудшению результатов лечения и увеличению смертности [43–45].

В модельных экспериментах показано, что дефицит Mg нарушает процесс активации тирозинкиназных рецепторов инсулина, передачи сигналов инсулина внутрь клетки и приводит к инсулинорезистентности [46].

Остеопороз

Высокий уровень потребления Mg и соотношения Mg : Ca в рационе питания играет важную роль в профилактике остеопороза [6]. В то же время одновременный дефицит Mg и витамина D повышает риск переломов, особенно у женщин [2]. Известно, что всасывание Mg в кишечнике зависит от обеспеченности организма

Таблица 4. Пищевые продукты – основные источники магния в рационе россиян [49]

Table 4. Foods which are the main sources of magnesium in the diet of Russians [49]

Пищевой продукт <i>Food</i>	Содержание, мг/100 г <i>Content, mg/100 g</i>	Порция, г <i>Serving, g</i>	% обеспечения суточной потребности за счет 1 порции продукта <i>% of the daily requirement due to 1 serving of the product</i>
Семечки подсолнечные <i>Sunflower seeds</i>	320–420	30	23–30
Орехи / <i>Nuts</i>	160–270	30	11–19
Каша гречневая, овсяная, пшенная <i>Buckwheat, oatmeal, millet porridge</i>	21–49	310	15–36
Горох отварной / <i>Boiled peas</i>	42	150	15
Картофель отварной <i>Boiled potatoes</i>	22	250	13
Капуста тушеная / <i>Stewed cabbage</i>	20	250	12
Хлеб из цельного зерна <i>Whole grain bread</i>	66	50	8
Молоко, кисломолочные продукты <i>Milk, dairy products</i>	15	200 мл	7

Примечание. * – расчет произведен исходя из действующих величин рекомендуемого суточного потребления Mg (420 мг).

Note. * – the calculation was made based on the current values of the recommended daily intake of Mg (420 mg).

витамином D, а сам Mg необходим для связывания витамина D с его транспортным белком. Дефицит Mg приводит к снижению продукции $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ и нарушению ответа на ПТГ [29]. Таким образом, дефицит каждого из этих микронутриентов (Mg и витамина D) подпитывает дефицит другого, что может привести к порочному кругу с дальнейшим ухудшением обеспеченности.

Инфекционные заболевания

Mg модулирует как врожденный, так и приобретенный иммунный ответ и действует как медиатор в сигнальных путях, контролирующих развитие иммунных клеток, гомеостаз и активацию [5, 47].

Состояния, ухудшающие прогноз клинического течения COVID-19, особенно в пожилом возрасте, у пациентов с СД 2 типа и АГ, также связаны с дефицитом Mg [2].

Заболевания, ассоциированные с возрастом

У пожилых людей часто встречается хроническая латентная недостаточность Mg, обусловленная как недостаточным потреблением, так и снижением его всасывания (часто параллельно со снижением уровня витамина D), увеличением экскреции Mg с мочой (часто связанное со снижением функции почек), а также уменьшением реабсорбции этого элемента, которые усугубляются возрастными и сопутствующими заболеваниями, приемом лекарственных средств (диуретиков, ингибиторов протонной помпы), вызывающих потерю Mg с мочой [5].

Выявлена обратная зависимость между содержанием Mg в рационе и риском общей и онкологической смертности, частота которых увеличивается с возрастом [41].

Mg может играть важную профилактическую роль, предотвращая развитие катаракты, депрессии и др. [9, 27, 43]. Обнаруживается прямая корреляция между потреблением Mg и меньшим риском потери слуха. Mg обладает терапевтическим потенциалом при потере слуха из-за его сосудорасширяющего, антиокси-

дантного и противовоспалительного действия, кроме того, он является блокатором ионотропных рецепторов глутамата, селективно связывающих N-метил-D-аспартат (NMDA). Дефицит внеклеточного Mg приводит к гипервозбуждению нейронов из-за гиперактивации NMDA [7].

Высокое потребление Mg способствует профилактике дегенеративных заболеваний глаз (катаракта, глаукома и др.), ассоциированных с возрастом [48].

Пути улучшения обеспеченности магнием

В физиологических условиях Mg поступает из различных пищевых продуктов и воды, но эти источники не всегда удовлетворяют потребность как здорового, так и больного человека. Коррекция пищевого рациона путем использования не только традиционных пищевых продуктов – источников Mg, но и специализированных пищевых продуктов, предназначенных для различных групп населения, а также биологически активных добавок (БАД) к пище может способствовать улучшению обеспеченности этим макроэлементом [49].

Пищевые продукты – источники магния

В табл. 4 приведено содержание Mg в пищевых продуктах и блюдах, которые являются реальным источником этого макроэлемента.

Источником Mg является питьевая вода. Так, концентрация Mg в питьевых артезианских водах Тамбовской области составляет 22 мг/л [50].

Mg содержится в хлорофилле наземных растений, морских и сине-зеленых водорослей. Например, *Lithothamnium coralloides* и /или *Lithothamnium calcareum*, съедобные морские водоросли ульва (*Ulvaeae pertusa*), ламинария (*Laminaria japonica*) и другие содержат от 400 до 600 мг Mg в 100 г. Однако его биодоступность из ламинарии составляет менее 5%, а из других водорослей – еще ниже (2–4%) [51].

Таблица 5. Соединения, используемые для коррекции дефицита магния у пациентов [26]

Table 5. Chemical compound used to correct magnesium deficiency in patients [26]

Соединение магния <i>Chemical compound of magnesium</i>	Элементарный Mg (в %) <i>Elemental content (%)</i>	Фракционная абсорбция введенной дозы, % <i>Fractional absorption of the administered dose, %</i>	Биодоступность (относительное сравнение) <i>Bioavailability (relative comparison)</i>
Неорганические соединения / <i>Inorganic compounds</i>			
Оксид / <i>Oxide</i>	60	4	Очень низкая / <i>Extremely low</i>
Карбонат / <i>Carbonate</i>	45	–	Очень низкая / <i>Extremely low</i>
Гидроксид / <i>Hydroxide</i>	42	4	–
Хлорид / <i>Chloride</i>	12	12	Хорошая / <i>Good</i>
Сульфат / <i>Sulfate</i>	10	4	–
Соединения с органическими кислотами / <i>Compounds with organic acids</i>			
Цитрат / <i>Citrate</i>	16	12	Хорошая / <i>Good</i>
Лактат / <i>Lactate</i>	12	12	Очень хорошая / <i>Excellent</i>
Глюконат / <i>Gluconate</i>	5	–	Хорошая / <i>Good</i>
Аспарат / <i>Aspartate</i>	10	41–45 (из 5 мг)	–

Необходимо отметить, что содержание в пищевых продуктах фитиновой кислоты (хлеб с отрубями), а также щавелевой кислоты и ее солей – оксалатов (шпинат) – снижает усвоение Mg [18].

Специализированные пищевые продукты

В соответствии со ст. 39 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» утверждены нормы лечебного питания с включением в стандартные диеты традиционных пищевых продуктов (мясные и рыбные продукты, молочные и кисломолочные продукты, хлебобулочные изделия, жиры, овощи, фрукты и ягоды) и специализированных продуктов лечебного питания – смесей белковых композитных сухих, в том числе обогащенных Mg и калием, и витаминно-минеральных комплексов. Для улучшения магниевого статуса используют также БАД к пище – источники Mg.

В табл. 5 представлены данные, характеризующие всасывание и биодоступность Mg из различных его соединений.

В высоких концентрациях соединения Mg могут вызывать диарею. Как следует из табл. 4, биодоступность Mg в форме солей и комплексов с органическими кислотами превышает таковую из неорганических соединений.

Эффективность обогащения рациона питания магнием

Х. Fang и соавт. показали снижение риска сердечной недостаточности (на 22%), СД 2 типа (на 19%), инсульта (на 7%), общей смертности (на 10%) при увеличении содержания Mg в рационе на каждые 100 мг/сут [1].

Согласно метаанализу, включавшему 13 исследований с участием пациентов с диабетом и 12 наблюдений с участием пациентов с высоким риском диабета, прием Mg в течение 4–48 нед (медиана 12 нед) пациентами с диабетом и в течение 4–24 нед (медиана 14 нед) пациентами с высоким риском развития диабета приводил к значительному снижению уровня глюкозы натощак,

индекса инсулинорезистентности НОМА-IR, уровня глюкозы через 2 ч после нагрузки углеводом по сравнению с лицами из контрольной группы [52]. В качестве источника Mg были использованы разные его соединения (оксид, аспарат, лактат, хлорид, цитрат, хелат) и их дозы (250–600 мг/сут), что привело к гетерогенности полученных результатов.

Метаанализ 32 рандомизированных клинических исследований (РКИ) с участием 2551 взрослого лица с ожирением при использовании разных доз Mg (48–450 мг/сут) и различной продолжительности применения (6–24 нед), показал, что прием Mg ведет к значительному снижению индекса массы тела (средневзвешенная разница: -0,21 кг/м², 95% доверительный интервал от -0,41 до -0,001, *p*=0,048), особенно заметному у лиц с исходным дефицитом этого макроэлемента [53].

Согласно метаанализу 16 РКИ добавки Mg значительно повышали его уровень в сыворотке крови, что могло играть косвенную роль в улучшении клинического состояния пациентов с СД 2 типа [54].

Метаанализ 11 РКИ с участием 543 человек с резистентностью к инсулину, предиабетом или другими неинфекционными хроническими заболеваниями показал, что у пациентов, дополнительно получавших Mg в дозе от 365 до 450 мг/сут в течение от 1 до 6 мес (в среднем 3,6 мес), отмечалось статистически значимо большее снижение систолического (на 4,18 мм рт.ст.) и диастолического (на 2,27 мм рт.ст.) артериального давления (АД) по сравнению с лицами контрольной группы [55].

Метаанализ 12 РКИ с участием пациенток с гестационным диабетом выявил, что прием Mg приводил к значительному снижению уровня липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) в сыворотке крови (*p*=0,006), не оказывая влияния на концентрацию триглицеридов, общего холестерина, по сравнению с показателями лиц, не принимавших Mg [56]. При этом было показано, что эффект приема Mg зависит от продолжительности приема, дозы и используемого соединения Mg. Так,

прием Mg в течение >12 нед значительно снижал уровень общего холестерина в сыворотке крови. Доза Mg <300 мг/сут значительно снижала концентрацию ЛПНП в сыворотке крови ($p<0,001$), а доза >300 мг/сут приводила к значимому повышению уровня липопротеинов высокой плотности в сыворотке крови ($p=0,026$). Прием неорганических соединений Mg (по сравнению с органическими) приводил к уменьшению уровня ЛПНП ($p<0,001$) и триглицеридов ($p=0,003$).

Перечисленные выше положительные эффекты обнаруживали не во всех исследованиях, что было связано с различными дозами и формами Mg, а также разной продолжительностью приема. Так, анализ 18 исследований с участием 927 взрослых не обнаружил статистически значимого влияния Mg на концентрацию C-реактивного белка и интерлейкина-6 в сыворотке крови по сравнению с контролем [57].

Калий

Физиологическая роль калия

Не менее важна роль основного внутриклеточного иона – калия, который является синергистом магния, особенно в отношении влияния на функционирование сердечно-сосудистой системы. Он активирует некоторые ферменты; регулируя потенциал-зависимые каналы, обеспечивает проведение электрического импульса, сокращение гладких и поперечнополосатых мышц, поддерживает внутриклеточное осмотическое давление, водный и кислотно-щелочной баланс. Калий необходим для поддержания эндотелиальной функции сосудов, нормального уровня АД; он влияет на высвобождение гормонов (инсулина) [58].

Рекомендуемый уровень потребления калия

Показано, что потребление калия >3500 мг/сут снижает риск инсульта и других ССЗ [15, 16]. В связи с этим в Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации 2021 г. (МР 2.3.1.0253-21) норма калия была увеличена с 2500 до 3500 мг/сут [17].

Обеспеченность населения калием

Известно, что среднее потребление калия населением во всем мире составляет менее 3000 мг/сут, т.е. ниже рекомендуемого ВОЗ [18].

В России, например, недостаточное потребление калия выявлено у 40,4% населения Свердловской области [21]. У мужчин, проживающих в Ставропольском крае, его поступление с рационом близко к норме и выше, чем у женщин [59]. В Московском регионе потребление калия лицами с ожирением составляет в среднем 3144 мг/сут (3289 мг у мужчин и 2521 мг у женщин) [22].

Наряду с этим проведенные недавно исследования выявили гипокалиемию у 24,3% пациентов с COVID-19, что повышало вероятность неблагоприятного исхода заболевания и даже летального исхода [60].

Влияние недостаточности калия на риск заболеваний

Сердечно-сосудистые заболевания

Известно, что АГ диагностируется примерно у 1 млрд людей во всем мире и является основным фактором риска инсульта. Основным этиологическим фактором АГ служит высокое потребление населением натрия (поваренной соли) и низкое – калия (при соотношении натрия и калия в моче >5,7) [61].

В исследовании, проведенном в Ирландии, было показано, что соотношение в рационе натрия и калия (Na : K) является важным предиктором АГ [62]. У взрослых ирландских мужчин и женщин среднее молярное соотношение Na : K в моче составило соответственно 1,90 и 2,15, что превышало целевые молярные соотношения $\leq 1,0$ и $\leq 2,0$. Средняя расчетная (исходя из концентрации в моче при однократном мочеиспускании) 24-часовая экскреция Na с мочой составила 4631 мг для мужчин и 3525 мг для женщин, что превышало целевые максимальные дозы для обоих полов и всех возрастных групп. Средняя расчетная 24-часовая экскреция калия с мочой составила 3894 мг для мужчин и 2686 мг для женщин, при этом потребление у женщин всех возрастов и мужчин старшего возраста (старше 65 лет) было ниже рекомендованного [62].

Калий оказывает сосудорасширяющее действие посредством гиперполяризации мембран клеток гладкой мускулатуры сосудов, ионы этого макроэлемента высвобождаются эндотелиальными клетками в ответ на воздействие нейрогуморальных медиаторов [58].

Показано, что увеличение содержания в рационе калия на каждые 1,64 г/сут способствует уменьшению риска инсульта на 21% [63–65]. Однако у пациентов с тяжелыми нарушениями функции почек необходимо соблюдать осторожность при приеме больших доз калия [66–68].

В исследовании с участием 103 570 человек из 18 стран было обнаружено, что одновременное умеренное потребление натрия (3–5 г/сут) с высоким потреблением калия, оцениваемое по экскреции с утренней порцией мочи, связано с наименьшим риском смертности и сердечно-сосудистых событий [69].

Концентрация калия в сыворотке крови пациентов при выписке из стационара как $\leq 3,9$, так и $\geq 4,5$ мэкв/л была статистически значимо связана с увеличением однолетней смертности по сравнению с таковой при уровне калия в сыворотке при выписке в диапазоне 4,0–4,4 мэкв/л [70].

Хроническая болезнь почек

Обследование фактического питания и состояния здоровья 9778 человек в течение более 6 лет позволило установить, что при снижении потребления калия на 500 мг/сут риск развития хронической болезни почек увеличивался на 11%, увеличение молярного соотношения натрия и калия в пище ассоциируется с повышением риска развития хронической болезни почек на 21% [71].

Таблица 6. Пищевые продукты – основные пищевые источники калия в рационе россиян (модификация [49])

Table 6. The main food sources of potassium in the diet of Russians (modification [49])

Пищевой источник <i>Food source</i>	Количество калия, мг/100 г продукта <i>The amount of potassium, mg/100 g</i>	Порция, г <i>Portion, g</i>	% обеспечения суточной потребности в калии за счет 1 порции продукта* <i>% of the daily requirement for potassium due to 1 serving of the product*</i>
Картофель отварной / <i>Boiled potatoes</i>	500	250	35
Фасоль отварная / <i>Boiled beans</i>	439	150	18
Бананы / <i>Bananas</i>	348	150	15
Курага / <i>Dried apricots</i>	1717	30	15
Абрикосы / <i>Apricots</i>	305	100	8
Томаты / <i>Tomatoes</i>	290	100	9
Каша гречневая / <i>Buckwheat porridge</i>	92	310	8

Примечание. * – расчет произведен исходя из действующих величин рекомендуемого суточного потребления калия (3500 мг).

Note. * – the calculation was made based on the current values of the recommended daily intake of potassium (3500 mg).

Метаболический синдром

Потребление калия, оцененное по суточной экскреции с мочой, обратно пропорционально связано с наличием компонентов метаболического синдрома. Распространенность этого синдрома была ниже у субъектов с более высокой, чем средняя (2818±1417 мг/сут), экскрецией калия по сравнению с субъектами с более низким относительно среднего выведением калия с мочой (10,4 против 18,5%, $p=0,007$) [72].

Пути улучшения обеспеченности калием

Обеспеченность организма калием можно повысить за счет традиционных и специализированных пищевых продуктов. В связи с повышением рекомендуемого суточного потребления калия с 2500 до 3500 мг/сут (MP 2.3.1.0253-21) достичь содержания калия в БАД к пище, соответствующего критерию для источника этого макроэлемента (15% от рекомендуемой нормы потребления), достаточно трудно, так как его количество в суточной дозе должно составлять 525 мг, а в форме хлорида калия – соответственно около 1 г.

Пищевые продукты – источники калия

В табл. 6 приведено количество калия в пищевых продуктах и блюдах, обеспечивающих россиян этим макроэлементом.

Вклад пищевых продуктов в потребление калия, оцененный в Израиле методом суточного воспроизведения, составил: овощи и фрукты – 32%, мясные, рыбные, птицепродукты и яйца – 17%, молочные продукты – 9%, картофель – 8%, хлеб – 6%, орехи – 3%, вода и напитки – 3% [72].

В исследовании, проведенном в Ирландии, было показано, что основными продуктами, положительно связанными с более низким соотношением Na : K в моче, были фрукты, овощи, картофель, сухие завтраки, молоко, йогурт и свежее мясо, а отрицательно – хлеб, вяленое и обработанное мясо, а также масло и жирные спреды [62].

Оценка эффективности обогащения рациона питания калием

В питании здоровых лиц и пациентов помимо традиционных продуктов могут использоваться специализированные пищевые продукты, содержащие наряду с витаминами калий в дозе 250 мг, а также магний в дозе 100 мг и другие эссенциальные минеральные вещества [22]. Данные метаанализа 32 исследований, проведенных с участием 1900 взрослых пациентов с АГ с использованием перекрестной схемы приема БАД к пище с дозами калия от 30 до 140 ммоль/сут в форме хлорида, цитрата и аспартата, выявили нелинейную взаимосвязь между потреблением калия и как систолическим, так и диастолическим АД [58]. Показано, что гипотензивный эффект более выражен у участников с АГ при более высоком уровне потребления натрия (≥ 4 г/сут), при исходно низком уровне потребления калия (< 3500 мг/сут), высоком соотношении Na : K в рационе, отсутствии гипотензивной терапии [58, 73].

В сравнительном исследовании с участием 30 мужчин и женщин с предгипертензией и АГ было изучено влияние дополнительного потребления калия из картофеля и глюконата калия. Увеличение потребления калия на фоне контролируемой диеты, обеспечивающей его поступление от 2300 (60 ммоль/сут) до 3300 мг/сут за счет запеченного или отварного картофеля или калия глюконата, сопровождалось уменьшением систолического АД по сравнению с контролем (-6,0 против -2,6 мм рт.ст.; $p=0,011$). Ретенция калия была самой высокой при приеме глюконата калия [74].

Данные эпидемиологических исследований указывают на то, что диеты, обогащенные калием, снижают риск инсульта, особенно у людей с АГ и/или у тех, кто придерживается диеты с меньшим содержанием калия [16, 75]. Преимуществами диеты, обогащенной калием, является уменьшение формирования атеросклеротических поражений, образования свободных радикалов и агрегации тромбоцитов, а также снижение пролиферации и миграции гладкомышечных клеток сосудов [75].

Заключение

Благодаря универсальности своих функций, по мнению ряда исследователей, Mg можно считать основным катионом [7]. Анализ данных литературы показывает, что хроническая гипомagneмия может быть вовлечена в патогенез различных нарушений обмена веществ, таких как метаболический синдром, инсулинорезистентность, СД, АГ, гиперлипидемия и вялотекущее воспаление [29]. Дефицит Mg ассоциируется с ССЗ (аритмия, сердечная недостаточность), неврологическими заболеваниями (мигрень, инсульт), заболеваниями органов дыхания (бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких), преэклампсией беременных, депрессией, судорогами [9].

Потребление Mg в оптимальных количествах с пищей и/или БАД предотвращает хронические метаболические осложнения. Защитное действие Mg может заключаться в ограничении накопления жировой ткани, улучшении метаболизма глюкозы и инсулина, усилении эндотелий-зависимой вазодилатации, нормализации липидного профиля, ослаблении воспалительных процессов.

Поддержание оптимального баланса Mg в течение жизни может помочь предотвратить воспаление и свя-

занные с ним состояния, обусловленные недостаточностью Mg, и таким образом продлить здоровую жизнь. В настоящее время доказана целесообразность компенсации дефицита Mg в питании как в профилактических целях у здорового человека, так и как часть лечебного рациона у больного человека. Эффект дополнительного приема Mg имеет более выраженный характер при гипомagneмии.

Адекватное потребление калия и его дополнительный прием также необходимы, особенно для достижения более низкого уровня АД, причем эффект обогащения рациона калием более выражен у пациентов с гипертонией и при более высоких уровнях потребления натрия, но в исследованиях последних лет подчеркивается, что необходимо избегать и чрезмерного добавления калия в рацион.

Таким образом, наряду с оптимизацией рациона, которая включает ограничение высококалорийной, жирной пищи, использование продуктов с высоким содержанием Mg и калия и низким содержанием фитатов, обогащением диеты клетчаткой и инулин-содержащими пищевыми продуктами и т.д., следует дополнительно включать в нее соединения Mg и калия в виде специализированных пищевых продуктов и БАД к пище [49].

Сведения об авторах

Погожева Алла Владимировна (Alla V. Pogozheva) – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: allapogozheva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4619-291X>

Коденцова Вера Митрофановна (Vera M. Kodentsova) – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: kodentsova@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-5288-1132>

Шарафетдинов Хайдер Хамзрович (Khaidar Kh. Sharafetdinov) – доктор медицинских наук, заведующий отделением болезней обмена веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры диетологии и нутрициологии терапевтического факультета ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, профессор кафедры гигиены питания и токсикологии Института профессионального образования ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sharafandr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6061-0095>

Литература

- Fang X., Wang K., Han D., He X., Wei J., Zhao L. et al. Dietary magnesium intake and the risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes, and all-cause mortality: a dose-response meta-analysis of prospective cohort studies // BMC Med. 2016. Vol. 14, N 1. P. 210. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12916-016-0742-z>
- Dominguez L., Veronese N., Barbagallo M. Magnesium and hypertension in old age // Nutrients. 2020. Vol. 13, N 1. P. 139. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13010139>
- Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in prevention and therapy // Nutrients. 2015. Vol. 7, N 9. P. 8199–8226. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
- Dominguez L.J., Veronese N., Guerrero-Romero F., Barbagallo M. Magnesium in infectious diseases in older people // Nutrients. 2021. Vol. 13, N 1. P. 180. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13010180>
- Barbagallo M., Veronese N., Dominguez L.J. Magnesium in aging, health and diseases // Nutrients. 2021. Vol. 13. P. 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13020463>
- Погожева А.В. Значение макро- и микроэлементов пищи в оптимизации минеральной плотности костной ткани // Consilium Medicum. 2015. Т. 17, № 2. С. 61–65.
- Mathew A.A., Panonnummal R. «Magnesium» – the master cation – as a drug-possibilities and evidences // Biometals. 2021. Vol. 34, N 5. P. 955–986. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10534-021-00328-7>
- Razzaque M.S. Magnesium: are we consuming enough? // Nutrients. 2018. Vol. 10. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10121863>
- Al Alawi A.M., Majoni S.W., Falhammar H. Magnesium and human health: perspectives and research directions // Int. J. Endo-

- crinol. 2018. Vol. 2018. Article ID 9041694. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/9041694>
10. Gröber U. Magnesium and drugs // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. Vol. 20, N 9. P. 2094. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20092094>
 11. Liu S., Liu Q. Personalized magnesium intervention to improve vitamin D metabolism: applying a systems approach for precision nutrition in large randomized trials of diverse populations // *Am. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 108, N 6. P. 1159–1161. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy294>
 12. Dai Q., Zhu X., Manson J.E., Song Y., Li X., Franke A.A. et al. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial // *Am. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 108, N 6. P. 1249–1258. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy274>
 13. Rosanoff A., Dai Qi, Shapses S.A. Essential nutrient interactions: does low or suboptimal magnesium status interact with vitamin d and/or calcium status? // *Adv. Nutr.* 2016. Vol. 7, N 1. P. 25–43. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.115.008631>
 14. Yamanaka R., Shindo Y., Okak K. Magnesium is a key player in neuronal maturation and neuropathology // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. Vol. 20, N 14. P. 3439. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20143439>
 15. Nordic Nutrition Recommendations 2012 Integrating nutrition and physical activity. ISBN 978-92-893-2670-4. URL: <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:704251/FULLTEXT01.pdf> (date of access July 11, 2022)
 16. EFSA (European Food Safety Authority), 2017. Dietary reference values for nutrients: Summary report // EFSA Supporting Publication. 2017. Article ID e15121. 92 p. DOI: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121> (date of access July 11, 2022)
 17. Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // *Вопросы питания.* 2021. Т. 90, № 4 (536). С. 6–19. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>
 18. Громова О.А., Торшин И.Ю., Коденцова В.М. Пищевые продукты: содержание и усвоение магния // *Терапия.* 2016. Т. 5, № 9. С. 48–57.
 19. Громова О.А., Торшин И.Ю., Кобалава Ж.Д., Сорокина М.А., Виллевалде С.В., Галочкин С.А. и др. Дефицит магния и гиперкоагуляционные состояния: метрический анализ данных выборки пациентов 18–50 лет лечебно-профилактических учреждений России // *Кардиология.* 2018. Т. 58, № 4. С. 22–35. DOI: <https://doi.org/10.18087/cardio.2018.4.10106>
 20. Иванов К.И., Шадрин О.В., Алексеева Е.Ю., Кривошапкин В.Г., Батурич А.К. Особенности фактического питания населения республики Саха (Якутия) // *Дальневосточный медицинский журнал.* 2005. № 2. С. 72–74.
 21. Мажаева Т.В., Пермяков Е.В. Питание и здоровье различных категорий населения России и Свердловской области // *Вестник уральской медицинской академической науки.* 2015. № 2. С. 107–110.
 22. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Светикова А.А., Сокольников А.А., Бекетова Н.А., Переверзева О.Г. и др. Эффективность включения в диетотерапию пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, ожирением и остеопорозом специализированного углеводно-белкового продукта, содержащего витамины и минеральные вещества // *Вопросы питания* 2008. Т. 77, № 6. С. 44–52.
 23. Копчак Д.В., Закревский В.В. Пищевой статус и фактическое питание пациентов с метаболическим синдромом и дисбиозом кишечника // *Российский семейный врач.* 2017. Т. 21, № 3. С. 31–37.
 24. Ковальчук В.К., Иванова И.Л., Варды Д.В. Суточное потребление некоторых макроэлементов населением Приморского края // *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2011. Т. 4, № 46. С. 86–90.
 25. Серов В.Н., Блинов Д.В., Зимовина У.В., Джобава Э.М. Результаты исследования распространенности дефицита магния у беременных // *Акушерство и гинекология* 2014. № 6. С. 33–41.
 26. Ahmed F., Mohammed A. Magnesium: the forgotten electrolyte – a review on hypomagnesaemia // *Med. Sci. (Basel).* 2019. Vol. 7, N 4. P. 56. DOI: <https://doi.org/10.3390/medsci7040056>
 27. Reddy P., Edwards L.R. Magnesium supplementation in vitamin D deficiency // *Am. J. Ther.* 2019. Vol. 26, N 1. P. e124–e132. DOI: <https://doi.org/10.1097/MJT.0000000000000538>
 28. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. 2-е изд. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. 1008 с. ISBN 978-5-9704-6280-5. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-6280-5-NKD-2021-1-1008>
 29. Pelczynska M., Moszak M., Bogdanski. P. The role of magnesium in the pathogenesis of metabolic disorders // *Nutrients.* 2022. Vol. 14. P. 1714. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14091714>
 30. FDA Drug Safety Communication: Low Magnesium Levels can be Associated with Long-Term Use of Proton Pump Inhibitor Drugs (PPIs). URL: <https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-drug-safety-communication-low-magnesium-levels-can-be-associated-long-term-use-proton-pump> (date of access July 6, 2022)
 31. Liu M., Yang H., Mao Y. Magnesium and liver disease // *Ann. Transl. Med.* 2019. Vol. 7. P. 578–578. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm.2019.09.70>
 32. Nielsen F.H. Magnesium deficiency and increased inflammation: current perspectives // *J. Inflamm. Res.* 2018. Vol. 11. P. 25–34. DOI: <https://doi.org/10.2147/JIR.S136742>
 33. Dolati S., Rikhtegar R., Mehdizadeh A., Yousefi M. The role of magnesium in pathophysiology and migraine treatment // *Biol. Trace Elem. Res.* 2019. Vol. 196, N 2. P. 375–383. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01931-z>
 34. Cilliler A.E., Ozturk S., Ozbakir S. Serum magnesium level and clinical deterioration in Alzheimer's disease // *Gerontology.* 2007. Vol. 53, N 6. P. 419–422. DOI: <https://doi.org/10.1159/00011087>
 35. Sarrafzadegan N., Khosravi-Boroujeni H., Lotfzadeh M., Pourmogaddan A., Salehi-Abargouei A. Magnesium status and the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis // *Nutrition* 2016. Vol. 32, N 4. P. 409–417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.09.014>
 36. Song Y., Liu S. Magnesium for cardiovascular health: time for intervention // *Am. J. Clin. Nutr.* 2012. Vol. 95, N 2. P. 269–270. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.031104>
 37. Xun P., Wu Y., He Q., He K. Fasting insulin concentrations and incidence of hypertension, stroke, and coronary heart disease: a meta-analysis of prospective cohort studies // *Am. J. Clin. Nutr.* 2013. Vol. 98. P. 1543–1554. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.065565>
 38. Reffelmann T., Ittermann T., Dorr M., Volzke H., Reinthaler M., Petersmann A. et al. Low serum magnesium concentrations predict cardiovascular and all-cause mortality // *Atherosclerosis* 2011. Vol. 219, N 1. P. 280–284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis>
 39. Ayuk J., Gittoes N.J. Contemporary view of the clinical relevance of magnesium homeostasis // *Ann. Clin. Biochem.* 2014. Vol. 51, pt 2. P. 179–188. DOI: <https://doi.org/10.1177/0004563213517628>
 40. Богданов А.П., Дербенева С.А. Изучение потребления кальция и магния у больных ожирением и артериальной гипертензией // *Вопросы питания.* 2018. Т. 87, № 55. С. 74. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10161>
 41. Guasch-Ferré M., Bulló M., Estruch R., Corella D., Martínez-González M.A., Ros E. et al.; PREDIMED Study Group. Dietary magnesium intake is inversely associated with mortality in adults at high cardiovascular disease risk // *J. Nutr.* 2014. Vol. 144, N 1. P. 55–60. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.113.183012>
 42. Hruby A., O'Donnell C.J., Jacques P.F., Meigs J.B., Hoffmann U., McKeown N.M. Magnesium intake is inversely associated with coronary artery calcification. The Framingham Heart Study // *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2014. Vol. 7, N 1. P. 59–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.10.006>
 43. Schwalfenberg G.K., Genus S.J. The importance of magnesium in clinical healthcare // *Scientifica.* 2017. Vol. 2017. Article ID 4179326. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/4179326>
 44. Kostov K. Effects of magnesium deficiency on mechanisms of insulin resistance in type 2 diabetes: focusing on the processes of insulin secretion and signaling // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. Vol. 20, N 6. P. 1351. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20061351>
 45. Kumar P., Bhargava S., Agarwal P., Garg A., Khosla A. Association of serum magnesium with type 2 diabetes mellitus and diabetic retinopathy // *J. Fam. Med. Prim. Care.* 2019. Vol. 8. P. 1671. DOI: https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_83_19
 46. Morakinyo A.O., Samuel T.A., Adekunbi D.A. Magnesium upregulates insulin receptor and glucose transporter-4 in streptozotocin-nicotinamide-induced type-2 diabetic rats // *Endocr. Regul.* 2018. Vol. 52. P. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.2478/enr-2018-0002>
 47. Younes M.B., Alshwabkeh A.D., Jadallah A.R.R., Awwad E.F., Al Tarabshah T.M. Magnesium sulfate extended infusion as an adjunctive treatment for complicated COVID-19 infected critically ill patients // *EAS J. Anesthesiol. Crit. Care.* 2020. Vol. 2, N 3. P. 97–101. DOI: <https://doi.org/10.36349/easjacc.2020.v02i03.17>
 48. Ajith T.A. Possible therapeutic effect of magnesium in ocular diseases // *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol.* 2020. Vol. 31, N 2. Article ID 20190107. DOI: <https://doi.org/10.1515/jbcp-2019-0107>
 49. Погожева А.В., Коденцова В.М. О рекомендуемом потреблении и обеспеченности населения калием и магнием // *РМЖ. Кардиология.* 2020. № 3. С. 8–12.
 50. Рисник Д.В., Барабаш А.Л. Связь заболеваемости населения Тамбовской области с минеральным составом питьевых артезианских вод // *Микроэлементы в медицине* 2019. Т. 20, № 2. С. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2019-20-2-28-38>
 51. Nakamura E., Yokota H., Matsui T. The in vitro digestibility and absorption of magnesium in some edible seaweeds // *J. Sci. Food Agric.* 2012. Vol. 92, N 11. P. 2305–2309. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5626>
 52. Veronese N., Dominguez L.J., Pizzol D., Demurtas J., Smith L., Barbagallo M. Oral magnesium supplementation for treating glucose

- metabolism parameters in people with or at risk of diabetes: a systematic review and meta-analysis of double-blind randomized controlled trials // *Nutrients*. 2021. Vol. 13, N 11. P. 4074 DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13114074>
53. Askari M., Mozaffari H., Jafari A., Ghanbari M., Darooghegi Mofrad M. The effects of magnesium supplementation on obesity measures in adults: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2021. Vol. 61. P. 2921–2937. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1790498>
 54. Zamani M., Haghghat N. The effects of magnesium supplementation on serum magnesium and calcium concentration in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Clin. Nutr. Res.* 2022. Vol. 11, N 2. P. 133–145. DOI: <https://doi.org/10.7762/cnr.2022.11.2.133>
 55. Dibaba D.T., Xun P., Song Y., Rosanoff A., Shechter M., He K. The effect of magnesium supplementation on blood pressure in individuals with insulin resistance, prediabetes, or noncommunicable chronic diseases: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Am. J. Clin. Nutr.* 2017. Vol. 106. P. 921–929. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.155291>
 56. Tan X., Huang Y. Magnesium supplementation for glycemic status in women with gestational diabetes: a systematic review and meta-analysis // *Gynecol. Endocrinol.* 2022. Vol. 38. P. 202–206. DOI: <https://doi.org/10.1080/09513590.2021.1988558>
 57. Talebi S., Miraghajani M., Hosseini R., Mohammadi H. The effect of oral magnesium supplementation on inflammatory biomarkers in adults: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis of randomized clinical trials // *Biol. Trace Elem. Res.* 2022. Vol. 200. P. 1538–1550. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02783-2>
 58. Filippini T., Violi F., D'Amico R., Vinceti M. The effect of potassium supplementation on blood pressure in hypertensive subjects: a systematic review and meta-analysis // *Int. J. Cardiol.* 2017. Vol. 230. P. 127–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.12.048>
 59. Виленский И.Я., Минаев Б.Д. Гигиеническая оценка питания взрослого населения Ставропольского края // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2017. Т. 12, № 1. С. 76–78. DOI: <https://doi.org/10.14300/mnnc.2017.12021>
 60. Noori M., Nejadghaderi S.A., Sullman M.J., Carson-Chahhoud K., Kolahi A.A., Safiri S. Epidemiology, prognosis and management of potassium disorders in COVID-19 // *Rev. Med. Virol.* 2022. Vol. 32, N 1. P. e2262. DOI: <https://doi.org/10.1002/rmv.2262>
 61. Etehad D., Emdin C.A., Kiran A., Anderson S.G., Callender T., Emberson J. Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis // *Lancet*. 2016. Vol. 387. P. 957–967. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01225-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01225-8)
 62. Morrissey E., Giltinan M., Kehoe L., Nugent A.P., McNulty B.A., Flynn A. et al. Sodium and potassium intakes and their ratio in adults (18–90 y): findings from the Irish National Adult Nutrition Survey // *Nutrients*. 2020. Vol. 12, N 4. P. 938. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12040938>
 63. Аверин Е.Е., Никитин И.Г., Никитин А.Э. Гипокалиемиа: обзор современного состояния проблемы // *Медицинский алфавит*. 2018. Т. 3, № 32. С. 12–18.
 64. Аверин Е.Е. Безопасность торасемида в комплексной терапии хронической сердечной недостаточности: результаты рандомизированного перекрестного исследования // *Медицинский совет*. 2016. № 13. С. 81–84.
 65. Ekmekcioglu C., Elmadaf I., Meyer A.L., Moeslinger T. The role of dietary potassium in hypertension and diabetes // *J. Physiol. Biochem.* 2016. Vol. 72, N 1. P. 93–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13105-015-0449-1>
 66. Cappuccio F.P., Buchanan L.A., Ji C., Siani A., Miller M.A. Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials on the effects of potassium supplements on serum potassium and creatinine // *BMJ Open* 2016. Vol. 6, N 8. Article ID e011716. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011716>
 67. Аверин Е.Е., Никитин А.Э., Никитин И.Г., Созыкин А.В. Место рамиприла в современных рекомендациях по ведению пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями // *Медицинский совет*. 2018. № 21. С. 34–41.
 68. Аверин Е.Е. Безопасность комплексной терапии хронической сердечной недостаточности: результаты рандомизированного, перекрестного исследования БАСТИон // *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний*. 2016. Т. 4, № 11. С. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.24412/2311-1623-2016-11-40-46>
 69. O'Donnell M., Mente A., Rangarajan S., McQueen M.J., O'Leary N., Yin L. et al. Joint association of urinary sodium and potassium excretion with cardiovascular events and mortality: prospective cohort study // *BMJ*. 2019. Vol. 364. P. 1772. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.1772>
 70. Thongprayoon C., Cheungpasitporn W., Thirunavukkarasu S., Petnak T., Chewcharat A., Bathini T. et al. Serum potassium levels at hospital discharge and one-year mortality among hospitalized patients // *Medicina (Kaunas)*. 2020. Vol. 56, N 5. P. 236. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina56050236>
 71. Swift S.L., Drexler Y., Sotres-Alvarez D., Raji L., Llabre M.M., Schneiderman N. et al. Associations of sodium and potassium intake with chronic kidney disease in a prospective cohort study: findings from the Hispanic Community Health Study/Study of Latinos, 2008–2017 // *BMC Nephrol.* 2022. Vol. 23, N 1. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12882-022-02754-2>
 72. Buch A., Goldsmith R., Nitsan L., Margalot M., Shefer G., Marcus Y., Stern N. 24-h potassium excretion is associated with components of the metabolic syndrome: results from a national survey based on urine collection in adults // *Nutrients*. 2021. Vol. 13, N 8. P. 2689. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13082689>
 73. Filippini T., Naska A., Kasdagli M.-I., Torres D., Lopes C., Carvalho C. Potassium intake and blood pressure: a dose-response meta-analysis of randomized controlled trials // *J. Am. Heart Assoc.* 2020. Vol. 9, N 15. Article ID e015719. DOI: <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.015719>
 74. Stone M.S., Martin B.R., Weaver C.M. Short-term RCT of increased dietary potassium from potato or potassium gluconate: Effect on blood pressure, microcirculation, and potassium and sodium retention in prehypertensive-to-hypertensive adults // *Nutrients*. 2021. Vol. 13, N 5. P. 1610. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13051610>
 75. Palmer B.F., Colbert G., Clegg D.J. Potassium homeostasis, chronic kidney disease, and the plant-enriched diets // *Kidney360*. 2020. Vol. 1, N 1. P. 65–71. DOI: <https://doi.org/10.34067/KID.0000222019>

References

1. Fang X., Wang K., Han D., He X., Wei J., Zhao L., et al. Dietary magnesium intake and the risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes, and all-cause mortality: a dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMC Med.* 2016; 14 (1): 210. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12916-016-0742-z>
2. Dominguez L., Veronese N., Barbagallo M. Magnesium and hypertension in old age. *Nutrients*. 2020; 13 (1): 139. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13010139>
3. Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in prevention and therapy // *Nutrients*. 2015; 7 (9): 8199–226. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
4. Dominguez L.J., Veronese N., Guerrero-Romero F., Barbagallo M. Magnesium in infectious diseases in older people. *Nutrients*. 2021; 13 (1): 180. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13010180>
5. Barbagallo M., Veronese N., Dominguez L.J. Magnesium in aging, health and diseases. *Nutrients*. 2021; 13: 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13020463>
6. Pogozheva A.V. The value of macro- and microelements in optimizing of bone mineral density. *Consilium Medicum*. 2015; 17 (2): 61–5. (in Russian)
7. Mathew A.A., Panonnummal R. «Magnesium» – the master cation – as a drug-possibilities and evidences. *Biometals*. 2021; 34 (5): 955–86. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10534-021-00328-7>
8. Razzaque M.S. Magnesium: are we consuming enough? *Nutrients*. 2018; 10: 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10121863>
9. Al Alawi A.M., Majoni S.W., Falhammar H. Magnesium and human health: perspectives and research directions. *Int J Endocrinol.* 2018; 2018: 9041694. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/9041694>
10. Gröber U. Magnesium and drugs. *Int J Mol Sci.* 2019; 20 (9): 2094. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20092094>
11. Liu S., Liu Q. Personalized magnesium intervention to improve vitamin D metabolism: applying a systems approach for precision nutrition in large randomized trials of diverse populations. *Am J Clin Nutr.* 2018; 108 (6): 1159–61. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy294>
12. Dai Q., Zhu X., Manson J.E., Song Y., Li X., Franke A.A., et al. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial. *Am J Clin Nutr.* 2018; 108 (6): 1249–58. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy274>
13. Rosanoff A., Dai Qi, Shapses S.A. Essential nutrient interactions: does low or suboptimal magnesium status interact with vitamin d and/or calcium status? *Adv Nutr.* 2016; 7 (1): 25–43. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.115.008631>
14. Yamanaka R., Shindo Y., Okak K. Magnesium is a key player in neuronal maturation and neuropathology. *Int J Mol Sci.* 2019; 20 (14): 3439. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20143439>

15. Nordic Nutrition Recommendations 2012 Integrating nutrition and physical activity. ISBN 978-92-893-2670-4. URL: <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:704251/FULLTEXT01.pdf> (date of access July 11, 2022)
16. EFSA (European Food Safety Authority), 2017. Dietary reference values for nutrients: Summary report // EFSA Supporting Publication. 2017. Article ID e15121. 92 p. DOI: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121> (date of access July 11, 2022)
17. Popova A.Yu., Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. On the new (2021) Norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2021; 90 [4 (536)]: 6–19. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>
18. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Kodentsova V.M. Food products: magnesium content and assimilation. *Terapiya* [Therapy]. 2016; 5 (9): 48–57. (in Russian)
19. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Kobalava Z.D., Sorokina M.A., Villeval'de S.V., Galochkin S.A., et al. Deficit of magnesium and states of hypercoagulation: intellectual analysis of data obtained from a sample of patients aged 18–50 years from medical and preventive facilities in Russia. *Kardiologiya* [Cardiology]. 2018; 58 (4): 22–35. DOI: <https://doi.org/10.18087/cardio.2018.4.10106>
20. Ivanov K.I., Shadrina O.V., Alekseeva E.Yu., Krivoshapkin V.G., Baturin A.K. Features of the actual nutrition of the population of the Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochniy meditsinskiy zhurnal* [Far Eastern Medical Journal]. 2005; (2): 72–4. (in Russian)
21. Mazhaeva T.V., Permyakov E.V. Nutrition and health of various categories of the population of Russia and the Sverdlovsk region. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki* [Journal of Ural Medical Academic Science]. 2015; (2): 107–10. (in Russian)
22. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Svetikova A.A., Sokol'nikov A.A., Beketova N.A., Pereverzeva O.G., et al. The effectiveness of including a specialized carbohydrate-protein product containing vitamins and minerals in the diet therapy of patients with cardiovascular diseases, obesity and osteopenia. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2008; 77 (6): 44–52. (in Russian)
23. Kopchak D.V., Zakrevskiy V.V. Nutritional status and actual nutrition of patients with metabolic syndrome and intestinal dysbiosis. *Rossiyskiy semeyniy vrach* [Russian Family Physician]. 2017; 21 (3): 31–7. (in Russian)
24. Koval'chuk V.K., Ivanova I.L., Varady D.V. Daily consumption of some macronutrients by the population of Primorsky Krai. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal* [Pacific Medical Journal]. 2011; 4 (46): 86–90. (in Russian)
25. Serov V.N., Blinov D.V., Zimovina U.V., Dzhobava E.M. Results of a study on the prevalence of magnesium deficiency in pregnant women. *Akusherstvo i ginekologiya* [Obstetrics and Gynecology]. 2014; (6): 33–41. (in Russian)
26. Ahmed F., Mohammed A. Magnesium: the forgotten electrolyte – a review on hypomagnesemia. *Med Sci (Basel)*. 2019; 7 (4): 56. DOI: <https://doi.org/10.3390/medsci7040056>
27. Reddy P., Edwards L.R. Magnesium supplementation in vitamin D deficiency. *Am J Ther*. 2019; 26 (1): e124–32. DOI: <https://doi.org/10.1097/MJT.0000000000000538>
28. Nutrition and clinical dietology: National guidelines. Edited by V.A. Tutelyan, D.B. Nikityuk. 2nd ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2021: 1008 p. ISBN 978-5-9704-6280-5. DOI: <https://doi.org/10.33029/9704-6280-5-NKD-2021-1-1008> (in Russian)
29. Pelczynska M., Moszak M., Bogdanski P. The role of magnesium in the pathogenesis of metabolic disorders. *Nutrients*. 2022; 14: 1714. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14091714>
30. FDA Drug Safety Communication: Low Magnesium Levels can be Associated with Long-Term Use of Proton Pump Inhibitor Drugs (PPIs). URL: <https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-drug-safety-communication-low-magnesium-levels-can-be-associated-long-term-use-proton-pump> (date of access July 6, 2022)
31. Liu M., Yang H., Mao Y. Magnesium and liver disease. *Ann Transl Med*. 2019; 7: 578–8. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm.2019.09.70>
32. Nielsen F.H. Magnesium deficiency and increased inflammation: current perspectives. *J Inflamm Res*. 2018; 11: 25–34. DOI: <https://doi.org/10.2147/JIR.S136742>
33. Dolati S., Rikhtegar R., Mehdizadeh A., Yousefi M. The role of magnesium in pathophysiology and migraine treatment. *Biol Trace Elem Res*. 2019; 196 (2): 375–83. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01931-z>
34. Cilliler A.E., Ozturk S., Ozbakir S. Serum magnesium level and clinical deterioration in Alzheimer's disease. *Gerontology*. 2007; 53 (6): 419–22. DOI: <https://doi.org/10.1159/00011087>
35. Sarrafzadegan N., Khosravi-Boroujeni H., Lotfizadeh M., Pourmogaddas A., Salehi-Abargouei A. Magnesium status and the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition* 2016; 32 (4): 409–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.09.014>
36. Song Y., Liu S. Magnesium for cardiovascular health: time for intervention. *Am J Clin Nutr*. 2012; 95 (2): 269–70. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.031104>
37. Xun P., Wu Y., He Q., He K. Fasting insulin concentrations and incidence of hypertension, stroke, and coronary heart disease: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr*. 2013; 98: 1543–54. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.065565>
38. Reffelmann T., Ittermann T., Dorr M., Volzke H., Reinthaler M., Petersmann A., et al. Low serum magnesium concentrations predict cardiovascular and all-cause mortality. *Atherosclerosis* 2011; 219 (1): 280–4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis>
39. Ayuk J., Gittoes N.J. Contemporary view of the clinical relevance of magnesium homeostasis. *Ann Clin Biochem*. 2014; 51 (pt 2): 179–88. DOI: <https://doi.org/10.1177/0004563213517628>
40. Bogdanov A.R., Derbeneva S.A. Study of calcium and magnesium intake in patients with obesity and arterial hypertension. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (S5): 74. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10161> (in Russian)
41. Guasch-Ferré M., Bulló M., Estruch R., Corella D., Martínez-González M.A., Ros E., et al.; PREDIMED Study Group. Dietary magnesium intake is inversely associated with mortality in adults at high cardiovascular disease risk. *J Nutr*. 2014; 144 (1): 55–60. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.113.183012>
42. Hruby A., O'Donnell C.J., Jacques P.F., Meigs J.B., Hoffmann U., McKeown N.M. Magnesium intake is inversely associated with coronary artery calcification. The Framingham Heart Study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014; 7 (1): 59–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.10.006>
43. Schwalfenberg G.K., Genus S.J. The importance of magnesium in clinical healthcare. *Scientifica*. 2017; 2017: 4179326. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/4179326>
44. Kostov K. Effects of magnesium deficiency on mechanisms of insulin resistance in type 2 diabetes: focusing on the processes of insulin secretion and signaling. *Int J Mol Sci*. 2019; 20 (6): 1351. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20061351>
45. Kumar P., Bhargava S., Agarwal P., Garg A., Khosla A. Association of serum magnesium with type 2 diabetes mellitus and diabetic retinopathy. *J Fam Med Prim Care*. 2019; 8: 1671. DOI: https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_83_19
46. Morakinyo A.O., Samuel T.A., Adekunbi D.A. Magnesium upregulates insulin receptor and glucose transporter-4 in streptozotocin-nicotinamide-induced type-2 diabetic rats. *Endocr Regul*. 2018; 52: 6–16. DOI: <https://doi.org/10.2478/enr-2018-0002>
47. Younes M.B., Alshawabkeh A.D., Jadallah A.R.R., Awwad E.F., Al Tarabsheh T.M. Magnesium sulfate extended infusion as an adjunctive treatment for complicated COVID-19 infected critically ill patients. *EAS J Anesthesiol Crit Care*. 2020; 2 (3): 97–101. DOI: <https://doi.org/10.36349/easjacc.2020.v02i03.17>
48. Ajith T.A. Possible therapeutic effect of magnesium in ocular diseases. *J Basic Clin Physiol. Pharmacol*. 2020; 31 (2): 20190107. DOI: <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2019-0107>
49. Pogozheva A.V., Kodentsova V.M. About recommended consumption and provision of population with potassium and magnesium. *RMZh. Kardiologiya* [Russian Medical Journal. Cardiology]. 2020; (3): 8–12. (in Russian)
50. Risnik D.V., Barabash A.L. Association between the mineral composition of artesian drinking water and the morbidity of the tambov region population. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2019; 20 (2): 28–38. DOI: <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2019-20-2-28-38> (in Russian)
51. Nakamura E., Yokota H., Matsui T. The in vitro digestibility and absorption of magnesium in some edible seaweeds. *J Sci Food Agric*. 2012; 92 (11): 2305–9. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5626>
52. Veronese N., Dominguez L.J., Pizzol D., Demurtas J., Smith L., Barbagallo M. Oral magnesium supplementation for treating glucose metabolism parameters in people with or at risk of diabetes: a systematic review and meta-analysis of double-blind randomized controlled trials. *Nutrients*, 2021; 13 (11): 4074 DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13114074>
53. Askari M., Mozaffari H., Jafari A., Ghanbari M., Darooghegi Mofrad M. The effects of magnesium supplementation on obesity measures in adults: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021; 61: 2921–37. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1790498>
54. Zamani M., Haghghat N. The effects of magnesium supplementation on serum magnesium and calcium concentration in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr Res*. 2022; 11 (2): 133–45. DOI: <https://doi.org/10.7762/cnr.2022.11.2.133>
55. Dibaba D.T., Xun P., Song Y., Rosanoff A., Shechter M., He K. The effect of magnesium supplementation on blood pressure in individuals with insulin resistance, prediabetes, or noncommunicable chronic diseases: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2017; 106: 921–9. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.155291>

56. Tan X., Huang Y. Magnesium supplementation for glycemic status in women with gestational diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Gynecol Endocrinol.* 2022; 38: 202–6. DOI: <https://doi.org/10.1080/09513590.2021.1988558>
57. Talebi S., Miraghajani M., Hosseini R., Mohammadi H. The effect of oral magnesium supplementation on inflammatory biomarkers in adults: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis of randomized clinical trials. *Biol Trace Elem Res.* 2022; 200: 1538–50. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02783-2>
58. Filippini T., Violi F., D'Amico R., Vinceti M. The effect of potassium supplementation on blood pressure in hypertensive subjects: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol.* 2017; 230: 127–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.12.048>
59. Vilenskiy I.Ya., Minaev B.D. Hygienic assessment of the nutrition of the adult population of the Stavropol Territory. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza [Medical Bulletin of North Caucasus]*. 2017; 12 (1): 76–8. (in Russian)
60. Noori M., Nejadghaderi S.A., Sullman M.J., Carson-Chahhoud K., Kolahi A.A., Safiri S. Epidemiology, prognosis and management of potassium disorders in COVID-19. *Rev Med Virol.* 2022; 32 (1): e2262. DOI: <https://doi.org/10.1002/rmv.2262>
61. Etehad D., Emdin C.A., Kiran A., Anderson S.G., Callender T., Emberson J. Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2016; 387: 957–67. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01225-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01225-8)
62. Morrissey E., Giltinan M., Kehoe L., Nugent A.P., McNulty B.A., Flynn A., et al. Sodium and potassium intakes and their ratio in adults (18–90 y): findings from the Irish National Adult Nutrition Survey. *Nutrients.* 2020; 12 (4): 938. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12040938>
63. Averin E.E., Nikitin I.G., Nikitin A.E. Hypokalemia: review of current state of problem. *Meditsinskiy alfavit [Medical Alphabet]*. 2018; 3 (32): 12–8. (in Russian)
64. Averin E.E. Torasemide safety in complex therapy of chronic cardiac insufficiency: results of a randomized cross study. *Meditsinskiy sovet [Medical Council]*. 2016; (13): 81–4. (in Russian)
65. Ekmekcioglu C., Elmadfa I., Meyer A.L., Moeslinger T. The role of dietary potassium in hypertension and diabetes. *J Physiol Biochem.* 2016; 72 (1): 93–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13105-015-0449-1>
66. Cappuccio F.P., Buchanan L.A., Ji C., Siani A., Miller M.A. Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials on the effects of potassium supplements on serum potassium and creatinine. *BMJ Open* 2016; 6 (8): e011716. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011716>
67. Averin E.E., Nikitin A.E., Nikitin I.G., Sozykin A.V. The place of ramipril in modern guidelines for the management of patients with cardiovascular diseases. *Meditsinskiy sovet [Medical Council]*. 2018; (21): 34–41. (in Russian)
68. Averin E.E. Safety of chronic heart failure complex therapy: results of a randomized crossover study BASTion. *Mezhdunarodniy zhurnal sedtsa i sosudistyykh zabolevaniy [International Journal of Heart and Vascular Diseases]*. 2016; 4 (11): 40–6. DOI: <https://doi.org/10.24412/2311-1623-2016-11-40-46> (in Russian)
69. O'Donnell M., Mente A., Rangarajan S., McQueen M.J., O'Leary N., Yin L., et al. Joint association of urinary sodium and potassium excretion with cardiovascular events and mortality: prospective cohort study. *BMJ.* 2019; 364: 1772. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.1772>
70. Thongprayoon C., Cheungpasitporn W., Thirunavukkarasu S., Petnak T., Chewcharat A., Bathini T., et al. Serum potassium levels at hospital discharge and one-year mortality among hospitalized patients. *Medicina (Kaunas)*. 2020; 56 (5): 236. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina56050236>
71. Swift S.L., Drexler Y., Sotres-Alvarez D., Raij L., Llabre M.M., Schneiderman N., et al. Associations of sodium and potassium intake with chronic kidney disease in a prospective cohort study: findings from the Hispanic Community Health Study/Study of Latinos, 2008–2017. *BMC Nephrol.* 2022; 23 (1): 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12882-022-02754-2>
72. Buch A., Goldsmith R., Nitsan L., Margalio M., Shefer G., Marcus Y., Stern N. 24-h potassium excretion is associated with components of the metabolic syndrome: results from a national survey based on urine collection in adults. *Nutrients.* 2021; 13 (8): 2689. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13082689>
73. Filippini T., Naska A., Kasdagli M.-I., Torres D., Lopes C., Carvalho C. Potassium intake and blood pressure: a dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Heart Assoc.* 2020; 9 (15): e015719. DOI: <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.015719>
74. Stone M.S., Martin B.R., Weaver C.M. Short-term RCT of increased dietary potassium from potato or potassium gluconate: Effect on blood pressure, microcirculation, and potassium and sodium retention in pre-hypertensive-to-hypertensive adults. *Nutrients.* 2021; 13 (5): 1610. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13051610>
75. Palmer B.F., Colbert G., Clegg D.J. Potassium homeostasis, chronic kidney disease, and the plant-enriched diets. *Kidney360.* 2020; 1 (1): 65–71. DOI: <https://doi.org/10.34067/KID.0000222019>