

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЗАВИСИМОСТЬ ЭКСКРЕЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С МОЧОЙ ОТ АЛИМЕНТАРНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ МАКРО- И МИКРОНУТРИЕНТОВ У СТУДЕНТОК ПЕРВОГО КУРСА РУДН

А.А. Скальный¹, А.В. Гальченко^{1,2}, М.Ю. Яковлев¹,
А.В. Баринов¹, Н.В. Титов¹, Б.Д. Ткаченко¹, А.И. Чернявка¹,
О.Ю. Орлова³, Ю.Н. Лобанова¹*

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

² ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва

³ Университет ИТМО, Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ. Одним из наиболее значительных путей выведения химических элементов из организма является экскреция с мочой. Зная концентрацию химических элементов в моче, а также химический состав рациона, можно попытаться оценить зависимость степени экскреции макро- и микроэлементов от потребления пищевых веществ. Цель исследования – выявить зависимость экскреции химических элементов с мочой от алиментарного поступления макро- и микронутриентов на примере студенток первого курса Российского университета дружбы народов. В исследовании приняли участие 75 студенток первого курса 20–50 лет. У обследуемых были взяты утренние порции мочи для анализа на химические элементы методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, а также был оценен их пищевой статус методом частотного анализа. Выявлена положительная корреляция концентрации хрома и железа в моче с алиментарным поступлением всех макронутриентов, общей энергетической ценностью рациона, потреблением холестерина, калия, натрия, магния, серы, йода, селена, меди, цинка, железа, витаминов В₂, В₅, В₁₂, D. Концентрация хрома в моче была выше у женщин с большим потреблением марганца, а концентрация железа – с большим потреблением кремния. Концентрации алюминия обратно коррелировали со всеми теми же показателями, кроме марганца, йода, селена, кремния, калия, серы. При увеличении потребления общего количества жиров концентрации алюминия в моче возрастали. Таким образом, наиболее универсальные зависимости степени экскреции химических элементов от пищевых веществ обнаружены для алюминия, хрома и железа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: питание, экскреция, моча, химические элементы, железо, хром, алюминий, студентки.

ВВЕДЕНИЕ

Выведение с мочой является одним из основных путей экскреции различных химических элементов (ХЭ). Если для одних ХЭ (например, Na, K, Cl, I, Mo, Cr) этот путь является доминирующим, то для других (например, Fe, Cu, Zn, Mn) – лишь факультативным. Тем не менее экскреция с мочой практически всех ХЭ в той или иной степени отражает обеспеченность организма этими элементами (Skalnaya, Skalny, 2018).

Основной путь поступления большинства ХЭ в организм – алиментарный. Однако уже внутри организма статус ХЭ зависит не только

от их поступления извне, но и от метаболизма других макро- и микронутриентов. Многие пищевые вещества влияют на абсорбцию ХЭ, а также на распределение, активность и экскрецию друг друга (Skalnaya, Skalny, 2018).

Цель исследования – оценка зависимости степени экскреции ХЭ от алиментарного поступления разнообразных пищевых веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование являлось наблюдательным, поперечным. Обследовано 75 студенток

* Адрес для переписки:

Гальченко Алексей Владимирович

E-mail: gav.jina@gmail.com

первого курса различных факультетов Российского университета дружбы народов (РУДН) из России и 32 других стран Евразии, Африки, Южной и Северной Америки. Средний возраст обследованных составил 22 года (20–50 лет).

Мочу собирали в стерильный контейнер для сбора мочи, при этом отбирали первую порцию утренней мочи. Биоматериал доставляли в лабораторию АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Подготовку биоматериала к исследованию выполняли в соответствии с методическими рекомендациями «Порядок забора, хранения и транспортировки биосубстратов для определения химических элементов». Содержание химических элементов в моче оценивали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на аппарате Nexion 300D (Perkin-Elmer, США) (Serebryansky, et al., 2002; Скальный, 2003).

Химический состав рационов питания студентов оценивали методом частотного анализа с помощью программного обеспечения «Nutri-logic» (ООО «Нутрилоджик», г. Рязань). Учитывали потребление продуктов питания за 3–6 мес. в период с июля–августа по октябрь–декабрь 2018 г.

Статистическую обработку данных проводили с применением пакета прикладных программ SPSS 23. Взаимосвязи показателей оценивали при помощи коэффициента корреляции Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Корреляционный анализ выявил взаимосвязь содержания в моче Fe, Cr и Al с потреблением целого ряда макро- и микронутриентов. Так, экскреция Fe и Cr повышалась при увеличении общей энергетической ценности рациона, повышении потребления белков, жиров, углеводов, холестерина, Na, K, Mg, S, Cu, Zn, I, Se, витаминов B₂, B₅, B₁₂, D. Концентрации Cr в моче также прямо пропорционально возрастали с количеством потребляемого Mn, а концентрации Fe – с потреблением Si. Интересно отметить, что концентрации и Fe, и Cr в моче коррелировали с потреблением железа, но не хрома.

Для показателей экскреции Al получены практически полностью противоположные результаты: алюминурия возрастала при снижении потребления белков, углеводов, холестерина, общей калорийности диеты, но не жиров – по-

требление липидов прямо коррелировало с выведением Al с мочой. Обратная зависимость была также обнаружена для концентраций Al в моче с алиментарным поступлением Na, Mg, Fe, Cu, Zn, витаминов B₂, B₅, B₁₂, D. Результаты представлены в таблице.

ОБСУЖДЕНИЕ

Хром участвует во внутриклеточной передаче сигнала инсулина (Panchal et al., 2017), таким образом, его расход закономерно возрастает при увеличении поступления в организм энергетических ресурсов. Среди испытуемых 18–60 лет (Hajifaraji et al., 2008) выявили большую экскрецию хрома с мочой у людей, потреблявших рацион с высоким гликемическим индексом. Стоит отметить, что некоторые авторы не считают этот ультрамикрэлемент эссенциальным ввиду крайне малой его экскреции, а также отсутствия выраженных нарушений углеводного обмена при значительном снижении потребления хрома (Yoshida, 2012). Данный вопрос требует дополнительных исследований.

Exley с соавт. обнаружили, что концентрации Fe и Al в моче повышаются у пациентов с различными формами рассеянного склероза. При этом выведение Si с мочой снижается (Exley et al., 2006). Эти данные подтвердились в исследовании 2017 г. Jones с соавт. установили, что пациенты, страдающие рассеянным склерозом, экскретируют с мочой больше алюминия (Jones et al., 2017). Также авторы отметили, что употребление богатой кремнием минеральной воды уменьшает концентрацию алюминия в моче.

Таким образом, предполагая участие интоксикации алюминием в прогрессировании рассеянного склероза, препараты кремния, в том числе некоторые минеральные воды, можно рассматривать как один из компонентов комплексной терапии и/или профилактики этого заболевания.

ВЫВОДЫ

Выявленные факты значительной зависимости экскреции алюминия, хрома и железа от пищевого поступления большого количества различных нутриентов среди женщин свидетельствуют о скрытых и до настоящего времени неизученных механизмах взаимодействия этих элементов со многими пищевыми компонентами. Необходимы дальнейшие, более крупные исследования данных взаимосвязей.

Таблица. Корреляционный анализ содержания химических элементов в моче и потребления различных пищевых веществ у студенток РУДН

Алюминий		Хром		Железо	
↓	Энергетическая ценность ($r = -0,467, p = 0,001$)	↑	Энергетическая ценность ($r = 0,617, p = 0,001$)	↑	Энергетическая ценность ($r = 0,499, p = 0,001$)
↓	Белки ($r = -0,475, p = 0,001$)	↑	Белки ($r = 0,529, p = 0,001$)	↑	Белки ($r = 0,503, p = 0,001$)
↑	Жиры ($r = 0,574, p = 0,001$)	↑	Жиры ($r = 0,495, p = 0,001$)	↑	Жиры ($r = 0,463, p = 0,001$)
↓	Углеводы ($r = -0,540, p = 0,001$)	↑	Углеводы ($r = 0,521, p = 0,001$)	↑	Углеводы ($r = 0,487, p = 0,001$)
↓	Холестерин ($r = -0,522, p = 0,001$)	↑	Холестерин ($r = 0,521, p = 0,001$)	↑	Холестерин ($r = 0,473, p = 0,001$)
↓	Na ($r = -0,546, p = 0,001$)	↑	Na ($r = 0,484, p = 0,001$)	↑	Na ($r = 0,503, p = 0,001$)
↓	Mg ($r = -0,456, p = 0,001$)	↑	Mg ($r = 0,529, p = 0,001$)	↑	Mg ($r = 0,480, p = 0,001$)
↓	Fe ($r = -0,542, p = 0,001$)	↑	Fe ($r = 0,559, p = 0,001$)	↑	Fe ($r = 0,515, p = 0,001$)
↓	Cu ($r = -0,510, p = 0,001$)	↑	Cu ($r = 0,517, p = 0,001$)	↑	Cu ($r = 0,502, p = 0,001$)
↓	Zn ($r = -0,533, p = 0,001$)	↑	Zn ($r = 0,515, p = 0,001$)	↑	Zn ($r = 0,460, p = 0,001$)
↓	Рибофлавин ($r = -0,481, p = 0,0001$)	↑	Рибофлавин ($r = 0,573, p = 0,0001$)	↑	Рибофлавин ($r = 0,512, p = 0,0001$)
↓	Пантотеновая кислота ($r = -0,572, p = 0,0001$)	↑	Пантотеновая кислота ($r = 0,610, p = 0,0001$)	↑	Пантотеновая кислота ($r = 0,634, p = 0,0001$)
↓	Кобаламин ($r = -0,648, p = 0,0001$)	↑	Кобаламин ($r = 0,573, p = 0,0001$)	↑	Кобаламин ($r = 0,632, p = 0,0001$)
↓	Кальциферол ($r = -0,527, p = 0,001$)	↑	Кальциферол ($r = 0,582, p = 0,001$)	↑	Кальциферол ($r = 0,520, p = 0,001$)
–	–	↑	K ($r = 0,499, p = 0,001$)	↑	K ($r = 0,483, p = 0,001$)
–	–	↑	S ($r = 0,579, p = 0,001$)	↑	S ($r = 0,412, p = 0,001$)
–	–	↑	I ($r = 0,600, p = 0,001$)	↑	I ($r = 0,573, p = 0,001$)
–	–	↑	Mn ($r = 0,596, p = 0,001$)	↑	Si ($r = 0,500, p = 0,001$)
–	–	↑	Se ($r = 0,602, p = 0,001$)	↑	Se ($r = 0,476, p = 0,001$)

ОГРАНИЧЕНИЯ

Небольшое число испытуемых (75 человек), а также значительное возрастное разнообразие в определенной степени снизили эффективность статистической обработки данных. Дополнительную гетерогенность в исследуемую группу

внесло отсутствие критериев исключения по антропометрическим параметрам и коморбидностям, а также этнической принадлежности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Конфликт интересов авторами не заявляется.

ЛИТЕРАТУРА

Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО «Центр биотической медицины»). Микроэлементы в медицине. 2003; 4(1):7–11.

Exley C., Mamutse G., Korchazhkina O., Pye E., Strekopytov S., Polwart A., Hawkins C. Elevated urinary excretion of aluminium and iron in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*. 2006; 12(5): 533–540. doi:10.1177/1352458506071323.

Hajifaraji M., Leeds A.R. The effect of high and low glycaemic index diets on urinary chromium in healthy individuals: a cross-over study. *Arch Iran Med*. 2008 Jan; 11(1):57–64.

Jones K., Linhart C., Hawkins C., Exley C. Urinary Excretion of Aluminium and Silicon in Secondary Progressive Multiple Sclerosis. *E BioMedicine*. 2017; 26: 60–67. doi:10.1016/j.ebiom.2017.10.028.

Panchal S.K., Wanyonyi S., Brown L. Selenium, Vanadium, and Chromium as Micronutrients to Improve Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*. 2017; 19(3). doi:10.1007/s11906-017-0701-x.

Serebryansky E.P., Skalny A.V., Kuznetsov V.V. Rapid ICP-OES determination of up to 20 essential and toxic elements in human hair for estimation of human microelemental status. *Proc. 21 Workshop Macro and Trace Elements*. Jena, Germany. October 18–19 2002:19–24.

Skalnaya M.G., Skalny A.V. Essential trace elements in human health: a physician's view. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University. 2018. 224 p.

Yoshida M. Is Chromium an Essential Trace Element in Human Nutrition? *Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene)*. 2012; 67(4):485–491. doi:10.1265/jjh.67.485.

DEPENDENCE OF CHEMICAL ELEMENTS URINE EXCRETION FROM ALIMENTARY INTAKE OF MACRO- AND MICRONUTRIENTS OF THE FIRST COURSE STUDENTS-FEMALES FROM RUDN UNIVERSITY

**A.A. Skalny¹, A.V. Galchenko^{1,2}, M.Y. Yakovlev¹, A.V. Barinov¹,
N.V. Titov¹, B.D. Tkachenko¹, A.I. Chernyavka¹,
O.Yu. Orlova³, Yu.N. Lobanova¹**

¹ Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya str. 6, 117198, Moscow, Russia

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

³ ITMO University, Kronverksky pr. 49, 197101, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. One of the most significant ways of removing chemical elements from the body is the urinary route. Thus, knowing the concentration of chemical elements in the urine, as well as the chemical composition of the diet, an attempt can be made to assess the dependence of the degree of excretion of macro- and micronutrients on the consumption of nutrients.

The aim of the study was to identify the dependence of the excretion of chemical elements in urine on the nutritional intake of macro- and micronutrients using the example of first-year students of RUDN University. 75 first-year students of RUDN University, aged 20 to 50, took part in the study. The morning urine samples were taken from the subjects for analysis on chemical elements by the method of mass spectrometry with inductively coupled plasma, and their nutritional status was evaluated by frequency analysis. A positive correlation was revealed between the urinary concentration of Cr and Fe with the nutritional intake of all macronutrients, the total energy value of the diet, the consumption of cholesterol, K, Na, Mg, S, I, Se, Cu, Zn, Fe, vitamins B2, B5, B12, D. Concentration Cr in urine, in addition, was higher in women with a high consumption of Mn, and the concentration of iron was higher with a high intake of Si. Al concentrations were inversely correlated with all the same indicators, except for Mn, I, Se, Si, K, S. With an increase in total fat intake, Al concentrations in urine increased. The most universal dependences of the degree of excretion of chemical elements on nutrients were found for aluminum, chromium, and iron.

KEYWORDS: nutrition, excretion, urine, chemical elements, Fe, Cr, Al, students.

REFERENCES

Skalny A.V. Referentnyye znacheniya konsentratsii khimicheskikh elementov v volosakh, poluchennyye metodom ISP-AES (ANO «Tsentr bioticheskoy meditsiny»). *Mikroelementy v meditsine*. 2003; 49(1):7–11 (In Russ).

Exley C., Mamutse G., Korchazhkina O., Pye E., Strekopytov S., Polwart A., Hawkins C. Elevated urinary excretion of aluminium and iron in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*. 2006; 12(5): 533–540. doi:10.1177/1352458506071323.

Hajifaraji M., Leeds A.R. The effect of high and low glycemic index diets on urinary chromium in healthy individuals: a cross-over study. *Arch Iran Med.* 2008 Jan; 11(1):57–64.

Jones K., Linhart C., Hawkins C., Exley C. Urinary Excretion of Aluminium and Silicon in Secondary Progressive Multiple Sclerosis. *EBioMedicine.* 2017; 26: 60–67. doi:10.1016/j.ebiom.2017.10.028.

Panchal S.K., Wanyonyi S., Brown L. Selenium, Vanadium, and Chromium as Micronutrients to Improve Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports.* 2017; 19(3). doi:10.1007/s11906-017-0701-x.

Serebryansky E.P., Skalny A.V., Kuznetsov V.V. Rapid ICP-OES determination of up to 20 essential and toxic elements in human hair for estimation of human microelemental status. *Proc. 21 Workshop Macro and Trace Elements.* Jena, Germany. October 18–19 2002:19–24.

Skalnaya M.G., Skalny A.V. Essential trace elements in human health: a physician's view. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University. 2018. 224 p.

Yoshida M. Is Chromium an Essential Trace Element in Human Nutrition? *Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene).* 2012; 67(4):485–491. doi:10.1265/jjh.67.485.