

К ВОПРОСУ ОБ ЭНТЕРАЛЬНОМ ОБМЕНЕ БИОЭЛЕМЕНТОВ

В работе представлен литературный обзор, посвящённый проблеме обмена химических элементов на уровне желудочно-кишечного тракта. Обсуждён механизм и места абсорбции и экскреции минеральных элементов в просвет пищеварительной трубки.

Ключевые слова: минеральный обмен, рацион питания, пищевые волокна, пробиотики.

В последнее время внимание клиницистов, биохимиков, специалистов сельскохозяйственных производств привлекает проблема энтерального обмена биоэлементов и их соединений в организме человека и животных [1], [5], [13].

Общеизвестно, что основным источником минеральных веществ для человека является пищевой рацион [5]. Однако, многие минеральные вещества которые обладают высокой биодоступностью, являются нестабильными и не пригодны для использования с пищей [2]. Кроме того, добавление в пищу больших количеств минеральных веществ часто оказывает негативное воздействие на органолептические свойства пищи. Возможным решением проблемы является облегчение или улучшение всасывания минеральных веществ из пищи [12], [13].

В связи с этим, определённое значение приобретает скорость всасывания биоэлементов из желудочно-кишечного тракта в зависимости от формы вводимого соединения. По данным литературы, химическая форма биоэлемента определяет течение процессов абсорбции [10], транспорта, распределения, депонирования, биотрансформации, выведения из организма [18].

В связи с этим, химические формы металлов в организме можно условно разделить на экзогенные и эндогенные. Так, экзогенные формы образуются до поступления в живые системы и не претерпевают в них существенных изменений. Эндогенные – в результате деятельности живых клеток путём трансформации экзогенных форм, взаимодействия элементов с макромолекулами (протеинами, нуклеиновыми кислотами, полисахаридами) и низкомолекулярными органическими лигандами (цитратами, тартратами, оксалатами, фитатами, аминокислотами и олигопептидами) [4].

В настоящее время в литературе имеются сведения о двухсторонней проницаемости стенки желудочно-кишечного тракта по отношению к минеральным элементам. Есть сведения об одно-временном протекании процессов как экскреции минеральных веществ в просвет пищеварительной трубки, так и абсорбция макро- и микроэлементов из пищеварительного канала в кровь [8].

Известна роль отдельных участков пищеварительного тракта в энтеральном обмене биоэлементов [6], [7]. Согласно проведённым исследованиям, абсорбция Zn, Cu, Ca, K, Na происходит преимущественно в толстой кишке, Zn, Cu, Na – в тощей, Zn, Cu, Ca – в дуоденуме. В свою очередь экскреция K, Na – в дуоденуме [8].

Наряду с этим происходит взаимодействие микронутриентов между собой. Катионы, взаимодействуя с плотной эндогенной и инфузальной фракциями, участвуют в гидролизе пищевых частиц и абсорбции питательных веществ [8].

Одним из преобладающих эффектов микронутриентов является субстрат-связывающие и ионообменные способности [1]. Наибольший интерес в плане адсорбционных и ионообменных свойств привлекают пищевые волокна (ПВ). Они устойчивы к действию амилазы и других ферментов, и поэтому в тонкой кишке не всасываются [1], [7]. Являясь по своей структуре полимерами полисахаридной природы, ПВ различаются составом и структурой мономерных (моносахаридных) фрагментов, образующих молекулу волокна; степенью разветвления молекул; числом и видом функциональных групп; типом межмолекулярных связей; степенью полимеризации; плотностью упаковки биополимерных структур [3], [17].

По данным ряда авторов, при прохождении по кишечнику ПВ формируют матрикс фиброзного или аморфного характера по типу «моле-

кулярного сита», обуславливая катионообменные и адсорбционные свойства [3].

Благодаря наличию большого числа связывающих групп на поверхности биополимеров [1], [3], ПВ определяют величину эндогенных потерь химических элементов в ходе энтерального обмена и влияют на обмен ряда эссенциальных, условно-эссенциальных и токсичных элементов [13].

Так, наличие у ПВ гидроксильных и карбоксильных групп способствует, кроме гидратации, ионообменному набуханию. По данным литературы, ПВ способны снизить адсорбцию кальция, железа, цинка, магния; увеличить выведение азота из организма. Этот эффект особенно характерен для некоторых отрубей, содержащих фитаты, ингибирующих всасывание железа и цинка [1].

Присутствие метильных, ацетилных или карбоксиметильных групп придаёт поверхности биополимера отрицательный заряд, что делает его эффективным катионообменником, способным связывать положительно заряженные ионы, например катионы макро- и микроэлементов [3].

Так, нерастворимые в воде ПВ (лигнин и целлюлоза), повышая осмотическое давление в просвете кишечника, способствует усилению моторики и тем самым уменьшают концентрацию различных токсических веществ, в том числе и канцерогенов. Низкоэтерифицированный пектин легко образует пектинаты металлов, в т. ч. и свинца, а высокоэтерифицированный (метоксилированный) – обволакивает кишечную стенку и посредством механизма гель-фильтрация снижает всасывание молекул высокотоксических веществ [1].

С другой стороны, связывающая способность ПВ зависит и от свойств самих сорбатов. Согласно проведённым исследованиям, связывание веществ на сорбционной матрице является процессом обратимым. Более сильный сорбат вытесняет с поверхности сорбента более слабый. Так, свинец вытесняет с поверхности сорбента медь, которая в свою очередь будет вытеснять стронций, кальций, кадмий [3].

Наряду с этим, биоэлементы, в свою очередь, способны регулировать ферментативные реакции, в частности кислото- и секретообразование в пищеварительном тракте, усилить

рост и развитие клеток, влиять на синтез и функционирование пристеночного слизистого геля [8]. Однако, сорбционный эффект пищевых волокон может существенно снижаться в связи с бактериальной ферментацией и разрушением пищевых волокон (пектинов, целлюлозы и пр.). Устойчивые к действию бактериальных ферментов лигнин, КМЦ и другие производные целлюлозы сохраняют свой сорбционный потенциал [3].

Наряду с этим доказано, что при увеличении в пище количества ПВ, связывающих минеральные вещества и снижающих их биодоступность, запускается компенсаторный физиологический ответ в виде повышения кишечной абсорбции [16].

В последние годы особое внимание уделяется влиянию пробиотиков на процессы минерального обмена, в частности на регуляцию сорбции и экскреции ионов металлов в пищеварительном тракте человека и животных. Известно, что при бактериальном преваривании пектинов, гемицеллюлозы, камеди, целлюлозы, гликозаминогликанов, гликопротеинов слизи происходит десорбция связанного ранее вещества кишечными бактериями, клеточная стенка которых обладает высокой сорбционной способностью [3], [14], тем самым способствуют усилению эндогенных потерь минеральных элементов за счёт инкорпорации и выведения [12].

Однако, для ряда бактерий потребление железа в организме хозяина затруднено из-за его нерастворимости при нейтральных и слабощелочных значениях pH. Благодаря микроорганизмам, минеральные элементы превращаются в биологически распознаваемые органические структуры, которые способны сорбироваться, включаться в витамины, гормоны, ферменты, а затем и экскретироваться во внешнюю среду. Так, бактерии *Lactobacillus* способны облегчать всасывание минеральных веществ, особенно кальция, кишечными клетками, что связано с индуцированием подкисления микросреды, что в свою очередь улучшает растворение минеральных веществ [14].

Наряду с этим, микроорганизмы кишечника частично гидролизуют пектиновые вещества с образованием олиго- и галактуроновой кислоты, которые реабсорбируются в кишечнике и попадают в кровяное русло. Карбоксильные и

гидроксильные группы этих кислот связывают свинец, кадмий, ртуть и др. в крови способствуют их выходу из депо с последующим выведением с мочой [1].

Таким образом, исследования энтерального обмена биоэлементов на уровне желудочно-кишечного тракта на сегодняшний день остаётся актуальным.

2.09.2013

Список литературы:

1. Ардатская М. Д. Метаболические эффекты пищевых волокон // Сучасна гастроэнтерологія – 2010. – №3 (53). – С. 79-91.
2. Вайнштейн С.Г., Масик А.М. Пищевые волокна и усвояемость нутриентов // Вопросы питания. – 1984. – №3 – С. 6–12.
3. Дружинин Л. Ф., Новиков Ю. А., Лысыков Ю.А. Физико-химические свойства пищевых волокон // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://on-line-wellness.com>, 29.09.2010.
4. Иваненко Н.Б., Соловьёв Н.Д., Иваненко А.А., Москвин Л.Н. Определение химических форм микроэлементов в биологических объектах // Аналитика и контроль. – 2012. – Т.16. – №2. – С. 108-133.
5. Нотова С.В. Эколого-физиологическое обоснование корректирующего влияния элементного статуса на функциональные резервы организма человека: Автореф. дис. ...д-ра мед. наук.-М., 2005.-40 с.
6. Полякова Е.П., Ксенофонтов Д.А., Ксенофонтова А.А. Динамика содержания минеральных элементов во фракциях химуса разных отделов ЖКТ жвачных животных // Доклады ТСХА. М: Изд. МСХА. – 2000. – вып. 272. – С. 205-210.
7. Полякова Е.П., Иванова А.А., Ревякин А.О., Зобова Л.В. Фильтрация минеральных элементов молочной железы коз при разной обеспеченности животных цинком // Труды 3-ей международной Русско-Иранской конференции «Agriculture and Natural Resource». – 2002. – С. 570-576.
8. Ревякин О.А. Структура химуса и энтеральный обмен минеральных элементов в желудочно-кишечном тракте коз и кроликов / Моделирование в фармакологии и биомедицине. – 2006. – №4. – С. 111-112.
9. Ревякин О.А. Энтеральный обмен и абсорбция минеральных элементов у коз при различном содержании цинка в рационе тема автореферата Автореф. канд. дисс... 2006. – 18 с.
10. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов / Под ред. Н.И. Калетиной. М.: Издательская группа «Геотар-Медиа». – 2008. – 1016 с.
11. Уильямс К.Л. Пищевые волокна и нутритивная поддержка в педиатрии: современные представления // Вопросы питания. – 2010. – Том 79. – №4 – С.42-49.
12. Фомина М.В., Кван О.В., Сизенцов А.Н. Анализ совместного использования пробиотических препаратов и железа с различными физико-химическими свойствами в эксперименте // Вестник Оренбургского государственного уни-верситета. – №12 (131) / декабрь. – 2011. – С. 442-444.
13. Фомина М.В., Баранова О.В., Мирошников С.В., Борисюк С.В. Обмен химических элементов на фоне различного потребления пищевых волокон // Врач-аспирант. – 2013. – №2(57). – С.49-53.
14. Шендеров Б. А. Микробиоценоз человека и функциональное питание // Рос. журн. гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. – 2001. – Т. 11, №4. – С. 78–90.
15. Agric J. Food Chem. – 1995. – P. 43, 1276-1282.
16. Committee on Nutrition. American Academy of Pediatrics. /Cholesterol in children // Pediatrics. – 1998. – Vol.101. – P. 141.
17. Gynbey M. J. Nutrition, diet and health // Cambridge Univ. Press London, New York, – 1986. – 168 p.
18. Michalke B., Halbach S., Nischwitz V. Speciation and toxicological relevance of manganese in humans // Monit. – 2007. – V.11. – P. 650-656.

Сведения об авторах:

Фомина Марина Викторовна, доцент кафедры биохимии и молекулярной биологии
Оренбургского государственного университета, кандидат медицинских наук,
e-mail: fomina_m.v@mail.ru

Кван Ольга Вилориевна, научный сотрудник института биоэлементологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук,
e-mail: kwan111@yandex.ru

Давыдова Наталья Олеговна, старший научный сотрудник лаборатории психопрофилактики,
психодиагностики и психотерапии Оренбургского государственного университета,
кандидат медицинских наук, e-mail: davidovanatalia2010@yandex.ru
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532)372484

UDC 577.1:615.9

Fomina M.V., Davidova N.O., Kwan O.V.

Orenburg state university, e-mail: fomina_m.v@mail.ru

TO THE QUESTION OF ENTERALN BIO-ELEMENTS EXCHANGE

In work the literary review devoted to a problem of an exchange of chemical elements at the level of a gastrointestinal path is submitted in this work. The mechanism and places of absorption and an ekskretion of mineral elements in a gleam of a digestive tube is discussed.

Key words: mineral exchange, food allowance, food fibers, probiotics.