

ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ОТ СОДЕРЖАНИЯ БИОЭЛЕМЕНТОВ В РАЦИОНЕ ПИТАНИЯ

Т.И. Бурцева, И.А. Рудаков

РЕЗЮМЕ: Проведено сравнительное изучение содержания биоэлементов в среднесуточном рационе питания (программа “АСПОН-Питание”) и в биосубстратах (многоэлементный анализ волос) у 197 юношей и девушек в возрасте 15-18 лет (учащиеся колледжей ОГУ). При статистическом исследовании полученных результатов, выявлены четкие взаимозависимости между макро- и микроэлементами в организме, сформулированы дополнительные рекомендации по трактовке данных многоэлементного анализа

Многоэлементный анализ волос все шире применяется в медицинских, биологических и экологических исследованиях. Непрерывно растет количество публикаций, относящихся к макро- и микроэлементам (trace elements) составляет около 10000 в год [2]. В то же время до сих пор остаются недостаточно изученными взаимосвязи отдельных биоэлементов в процессах поступления, функционирования и выведения из организма (в том числе, так называемые “антагонизм” и “синергизм” биоэлементов, их “эссенциальность” и “токсичность” и пр.). Между тем, правильное понимание этих вопросов необходимо не только для оценки особенностей биоэлементного обмена, но и для корректной трактовки результатов многоэлементного анализа [1].

Нами было проведено сравнительное исследование содержания биоэлементов в среднесуточных рационах питания (с использованием программы АСПОН-Питание) и в биосубстратах (волосы) с применением многоэлементного анализа. Анализ образцов волос проводили методом ИСП-АЭС на приборе Optima 2000 DV (PerkinElmer) (определение Ca, Mg, P, Zn, K, Na), а также методом ИСП-МС на приборе Elan 9000 (PerkinElmer) (определение Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Ti, V) в Центре биотической медицины (Москва). Полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики; были рассчитаны величины коэффициента корреляции между различными группами макро- и микронутриентов в питании и содержанием макро- и микроэлементов в волосах, а также оценена степень достоверности полученных результатов. Всего в исследованиях приняли участие 197 человек (111 девушек и 86 юношей) – учащихся колледжей Оренбургского государственного университета.

Было установлено, что общее содержание кальция в рационе учащихся было много ниже установленного адекватного уровня потребления [3]. Содержание йода, селена и цинка было также значительно снижено (на 60, 40 и 40%, соответственно).

Анализ волос учащихся выявил существенное снижение содержания йода, селена, кобальта. В то же время обнаруживались существенные половые различия в содержании биоэлементов. Так, в волосах девушек была достоверно выше концентрация кальция, магния, меди, марганца, кобальта. В волосах юношей было достоверно больше калия, натрия, фосфора, железа, мышьяка, алюминия, кадмия, свинца. Между учащимися различных возрастных групп (15-16 и 17-18 лет) по содержанию некоторых биоэлементов (фосфор, калий) были выявлены и возрастные различия.

Попутно следует отметить, что различия в степени колебаний (индивидуальный разброс) в содержании отдельных биоэлементов были весьма значительными. Так, значительной стабильностью отличалось содержание фосфора, для кальция и магния индивидуальный разброс был больше, а уровень калия и натрия в характеризовался большими индивидуальными колебаниями. Среди эссенциальных микроэлементов наименьший разброс индивидуальных показателей был характерен для меди (юноши) и цинка, наибольший – для хрома (девушки), селена, йода. Для концентрации токсичных элементов был свойственен значительный разброс показателей, за исключением ртути, содержание которой в волосах учащихся было достаточно стабильным.

На диаграмме в виде значков “+” и “-” представлено наличие достоверных (положительных или отрицательных) зависимостей содержания биоэлементов в волосах от их содержания в рационах питания учащихся. Символы биоэлементов по горизонтали (верхняя строчка диаграммы) – биоэлементы в рационах питания. Символы элементов по вертикали (макроэлементы, эссенциальные микроэлементы, токсичные микроэлементы) – содержание элементов в волосах. Пустые клетки на диаграмме – случаи, когда достоверность зависимости не достигала значимого уровня.

Итак, при рассмотрении диаграммы хорошо видно, что в целом для взаимосвязей между макроэлементами и эссенциальными микроэлементами в пище и волосах характерны отрицательные (обратные) корреляционные связи (которые преобладают), а для взаимосвязей между содержанием макро- и микроэлементов в пище и токсичных микроэлементов и мышьяка в волосах - положительные коррелятивные связи. В отдельных случаях такие же связи обнаруживаются между макро- и микроэлементами и железом.

Для правильного понимания и трактовки этих данных необходимо учитывать, что организм человека – живая динамичная система, которая

Диаграмма. Корреляционные связи (содержание биоэлементов в рационе титания и содержание биоэлементов в волосах)

	Ca	K	Mg	Na	P	S	As	B	Co	Cr	Cu	F	Fe	I	Li	Mn	Mo	Ni	Se	Si	V	Zn	
Ca	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Co	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pb	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

В диаграмме представлены коррелятивные связи (положительные или отрицательные величины коэффициента корреляции) между отдельными показателями - значимые (достоверные) величины ($p < 0,05$ при $r > 0,14$, по Д.Б.Оуэн. Сборник статистических таблиц. Вычислительный Центр АН СССР. М., 1966)

стремится к поддержанию оптимального состава своей внутренней среды (в том числе, и баланса биоэлементов). Избыток биоэлементов, также как и их недостаток - для организма нежелателен. В первом случае организм ограничивает поступление (усвоение) биоэлементов, стремится избавиться от них путем усиленного выведения, а во втором случае – восполнить их недостачу и ограничить потерю.

При недостатке биоэлементов организм реагирует на их нехватку усиленным усвоением того, что поступает с пищей, поэтому уменьшение содержания в рационе того или иного элемента не обязательно означает снижение содержания его уровня в организме (также как и уменьшение содержания в волосах). Однако, при хроническом недостаточном поступлении биоэлементов развиваются состояния, известные как гипозлементозы.

Что касается токсичных микроэлементов, то их избыточное поступление (а точнее – накопление в организме) приводит к состоянию гиперэлементоза, к интоксикации. Хорошо известны свинцовая, ртутная, алюминиевая интоксикация, так же, как и отравление мышьяком. Токсические эффекты известны и для некоторых эссенциальных микроэлементов (селен, железо, никель, хром). В этих случаях организм ограничивает, по мере возможности, поступление токсичных элементов и избытка эссенциальных элементов и старается избавиться от их избытка.

Волосы представляют собой информативный биосубстрат, в определенной мере отражающий как средний (нормальный) уровень содержания отдельных биоэлементов в организме, так и изменения этого уровня - в сторону избыточного или недостаточного их содержания. Но, кроме того, волосы и сами по себе могут участвовать в избавлении организма от токсических элементов, или от избыточного количества эссенциальных элементов, или отражать избыточные потери организмом того или иного элемента (кальция, калия, магния) под влиянием неблагоприятных влияний или патологических процессов.

Отмеченная в наших исследованиях положительная корреляционная связь между макронутриентами и эссенциальными микроэлементами в питании, с одной стороны, и токсичными элементами в волосах означает, что большинство эссенциальных биоэлементов способствуют вытеснению из организма попадающих в него токсических веществ, токсичных элементов. Знак “+” на диаграммах в большинстве случаев можно расценивать как признак антагонизма между участниками “пары”. Например, повышенное содержание большинства макроэлементов в пище способствует вытеснению из организма ртути, свинца, мышьяка. Макроэлементы и эссенциальные микроэлементы в пище – антагонисты токсичных алюминия, бериллия, кадмия и железа. Что касается последнего микроэлемента, то речь идет о вытеснении из организма избыточного железа. То же относится и к вытеснению избытка некоторых других элементов (медь, хром).

Теперь рассмотрим другой характер взаимосвязей микронутриентов и биоэлементов, обозначенный в

диаграммах значком “-“. В противоположность знаку “+” (вытеснение), знак “-“ обозначает “удержание”. Другими словами, макро- и микроэлементы в подавляющем большинстве не противоборствуют, а помогают друг другу.

Для лучшего понимания этого факта нужно вспомнить о следующем. Общеизвестно, что организм находится в состоянии постоянного динамического равновесия с окружающей средой, что, собственно, и обеспечивает его выживание. Но, вместе с тем, реже вспоминают о том, что организм находится в перманентном состоянии “преддефицита” по множеству необходимых для него простых и сложных веществ – кислород, вода, биоэлементы, витамины, белки и т.д. Прекращение постоянного поступления в организм этих веществ с воздухом, водой и пищей означает неминуемую гибель. В этих условиях все полезные для организма компоненты воды и пищи, поступающие в адекватных количествах, “помогают” друг другу усваиваться, функционировать, удерживаться в организме. Это единственно правильная и физиологически обоснованная реальность.

Действительно, что случилось бы, если бы, к примеру, сера и фосфор были истинными антагонистами? Один из этих элементов вытеснил бы другой и организм неизменно бы погиб. То же относится к любым сочетаниям эссенциальных нутриентов и биоэлементов. Другими словами, если значок “+” в наших диаграммах соотносится с понятием “вытеснение”, то значок “-“ – с понятием “удержание”. Что и подтверждается многократно описанными в литературе “синергетическими” связями между эссенциальными биоэлементами.

Рассмотрение результатов связи нутриентов и биоэлементов дает основание для некоторой сравнительной оценки изученных биоэлементов. Наиболее токсичным, чужеродным для других элементов и организма в целом выступает ртуть, которая и проявляет наиболее системные положительные или отрицательные взаимосвязи с другими элементами. В соответствии с этим же подходом, токсичны свинец, мышьяк, кадмий. Алюминий, скорее всего, проявляет и токсичные, и эссенциальные свойства. А вот олово и титан “ведут себя” преимущественно как эссенциальные элементы.

Полученные результаты исследования корреляционных связей между нутриентами в пище и биоэлементами в волосах, а также между отдельными биоэлементами в волосах имеют непосредственное отношение к практическому применению многоэлементного анализа. Можно заключить, что при анализе взаимосвязей между содержанием биоэлементов (микронутриентов) в рационе питания и содержанием биоэлементов в волосах, характер изученных корреляционных связей позволил разделить их на две большие функциональные группы по принципу “вытеснение” и “удержание” биоэлементов в организме. Эти данные могут быть полезными не только как дополнительные сведения при трактовке результатов многоэлементного анализа волос, но и при разработке практических мероприятий для преодоления дефицита или избытка биоэлементов

в организме. Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах коррелирует с поступлением этих элементов с продуктами питания и представляет собой весьма информативный показатель при массовых обследованиях населения. В то же время оценка результатов индивидуальных анализов требует учета половых и возрастных особенностей, а также, при необходимости, повторных исследований. Кроме того, корреляционный анализ и другие методы статистического исследования должны шире применяться, наряду с определением содержания биоэлементов в биосубстратах, в частности, при массовых обследованиях населения.

Список использованной литературы

1. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: Изд.дом "Оникс 21 век"; Мир, 2004, - 272 с.
2. Klevay, L. M., Bistran, B. R., Fleming, C. R, et al. Hair analysis in clinical and experimental medicine//Am.J.Clin. Nutr.- 1987.- V.46.- P.233-236.
3. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: МР 2.3.1.1915-04 : Гос. сан.-эпидемиолог. нормирование Рос. Федерации. – М., 2004. – 36 с.