



ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ И АДАПТАЦИЯ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ

УДК 612.015-055.2

Луговая Е.А.: ученый секретарь, к.б.н., доцент;

Максимов А.Л.: директор, член-корреспондент РАН, профессор.

Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан, Россия

Введение. Согласно данным исследований, в последние годы наблюдается ухудшение функционального состояния организма подростков, проживающих в различных северных регионах [1]. Элементный профиль организма может выступать в качестве индикатора неблагополучия и как интегральный показатель природно-социальных условий региона [2]. Ранее проведенные исследования показали, что у жителей прибрежной (приморской) территории и внутриконтинентальной территорий Магаданской области существуют особенности структуры элементной системы организма [3, 4], поэтому целью нашего исследования явилось установление особенностей элементной системы подростков и юношей 14-21 года, проживающих в разных климато-географических зонах области.

Материал и методы исследования. Определение содержания 25 макро- и микроэлементов (МЭ) в волосах человека проводили методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой (АЭС-ИСП) на приборе Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (МС-ИСП) на приборе ELAN-9000 (Perkin Elmer, США), в АНО Центр Биотической медицины (г. Москва).

Взаимосвязь микроэлементов в организме подростков оценивали при помощи факторного анализа и корреляционного анализа по Спирмену. Статистическая обработка данных проведена с использованием лицензионного пакета прикладных программ Excel-97 и Statistika-6 методами параметрической и непараметрической статистики [5]. Для сравнения вариационных рядов использован t-критерий Стьюдента при оценке уровня достоверности $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В табл. 1 представлены показатели содержания в волосах 21 элемента у юношей в возрасте 14-16 и 16-21 года, уроженцев различных районов области: г. Магадан (1 гр.), пос. Ола (2 гр.), г. Сусуман (3 гр.). Средние значения Al, As, Ca, Cd, Co, Li, I, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Sn во всех обследованных группах оказались ниже среднероссийских показателей [6], а Si и Zn – выше. У жителей приморских территорий уровень Fe был ниже, тогда как в континентальном районе (г. Сусуман) он превышал среднероссийский показатель в два раза. Среднее значение концентрации Cu у юношей 1 и 2 групп было ниже среднероссийского, концентрация P превышала реперный показатель у юношей 3 группы. В единичных случаях у юношей 3 гр. обнаружен избыток V, Pb, Ni, Li, Al.

При анализе концентраций элементов, выходящих за пределы минимальных или максимальных значений, выявлен дефицит Ca у 37 юношей в 1 гр., тогда как во 2-й и 3-й группах дефицит Ca обнаружен у 8 и 4 юношей, соответственно. Дефицит Co обнаружен у 44 юношей 1 гр., 17 юношей 2 гр. и 18 юношей 3 гр., что указывает на общий характер формирования недостатка Co у жителей Севера. Дефицит Cu и I был также в равной степени распространен во всех исследуемых группах. Интересен тот факт, что у половины юношей пос. Ола в волосах был обнаружен избыток K и Na.

Обращает внимание, что у многих юношей г. Сусумана выявлен избыток цинка (у 11 обследуемых 3 гр.), тогда как у юношей г. Магадана в основном обнаружен его недостаток. У 30 магаданцев наблюдается дефицит P, тогда как у 13 юношей г. Сусумана отмечается избыток этого элемента в волосах. В 1 и 2 группах выявлен дефицит Mn (в 17 и 10 случаях, соответственно), а в 3 гр. у 6 обследуемых – избыток Mn. Такой жизненно-важный элемент как Mg в дефиците у 31 юноши г. Магадана, у 9 юношей пос. Ола, а у 10 юношей г. Сусумана установлен его избыток. Содержание железа в избытке обнаружено у 11 сусуманцев, у 16 магаданцев и только у 4 юношей пос. Ола оно находится в дефиците. В единичных случаях у юношей 3 гр. обнаружен избыток V, Pb, Ni, Li, Al.

При анализе элементного статуса подростков 14-16 лет, проживающих в прибрежной и внутриконтинентальных зонах Магаданской области склонных к употреблению алкоголя и систематическому курению, установлено повышенное содержание в организме тяжелых и токсичных элементов (Al, As, Ni, B) [7], при этом у юношей прибрежной зоны, вне зависимости от склонности к употреблению алкоголя и курению, отмечается дефицит Mg, Mn, P, Se, Zn, а для проживающих во внутриконтинентальной – избыток Zn, P, Fe, Mn, Cr, что можно рассматривать в качестве составной части экологического портрета человека, формирующегося в процессе его жизнедеятельности в различных региональных геоэкологических условиях Севера (рис. 1).

Нами проведен корреляционный анализ, отражающий особенности межэлементных связей в исследуемых группах, который показал качественные и количественные различия межэлементных связей в организме жителей разных территорий. Так, у юношей г. Магадана установлено 70 достоверно значимых связей, у юношей пос. Ола – 60, у юношей г. Сусуман – 67, все они были сильными ($r > |0,5|$).

Таблица 1. Концентрация макро- и микроэлементов у юношей 16–21 лет, проживающих в разных климато-географических зонах Магаданской области, мкг/г

Наименование элементов	Место проживания		
	Прибрежные районы		Континентальный район
	г. Магадан (n=47)	пос. Ола (n=18)	г. Сусуман (n=18)
Al	6.15 ± 0.77	7.98 ± 0.81	12.01 ± 1.43 ^{*1}
As	0.07 ± 0.01	0.13 ± 0.02 [*]	0.09 ± 0.01
Ca	229.13 ± 13.22	306.76 ± 23.01 [*]	443.46 ± 35.62 ^{*1}
Cd	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.006	0.03 ± 0.01
Co	0.01 ± 0.002	0.01 ± 0.002	0.03 ± 0.01 ^{*1}
Cr	0.55 ± 0.06	1.11 ± 0.151 [*]	0.67 ± 0.08 ¹
Cu	9.18 ± 0.29	8.94 ± 0.563	10.33 ± 0.53 ¹
Fe	14.90 ± 1.28	17.32 ± 1.69	45.96 ± 7.94 ^{*1,2}
Hg	0.32 ± 0.04	0.06 ± 0.009 [*]	0.41 ± 0.09 ¹
I	0.44 ± 0.07	0.43 ± 0.044	0.38 ± 0.04
K	107.51 ± 20.90	480.92 ± 151.83 [*]	69.25 ± 11.27 ¹
Mg	23.31 ± 1.53	27.10 ± 2.33	47.13 ± 4.51 ^{*1,2}
Mn	0.40 ± 0.05	0.31 ± 0.061	1.06 ± 0.13 ^{*1,2}
Na	222.32 ± 36.10	520.97 ± 122.36 [*]	265.13 ± 40.56 [*]
Ni	0.18 ± 0.02	0.38 ± 0.098 [*]	0.40 ± 0.10 [*]
P	133.23 ± 3.73	142.06 ± 7.04	204.71 ± 6.50 ^{*1,2}
Pb	0.41 ± 0.06	1.36 ± 0.25 [*]	1.32 ± 0.37 [*]
Se	0.44 ± 0.03	0.51 ± 0.13	0.62 ± 0.05
Si	40.90 ± 7.72	34.58 ± 7.52	75.82 ± 18.31 ^{*1,2}
Sn	0.08 ± 0.01	0.13 ± 0.037	0.17 ± 0.02 [*]
Zn	181.02 ± 7.46	188.27 ± 9.812	274.46 ± 31.79 ^{*1,2}

Примечание: * – достоверно значимые отличия между показателями юношей г. Магадана и их сверстников из остальных пунктов проживания при $p < 0,05$. 1 – достоверно значимые отличия между показателями юношей пос. Ола и г. Сусуман при $p < 0,05$. 2 – достоверные отличия в показателях между юношами континентальной и приморской зон.



Рис. 1. Региональные и зональные особенности нарушения элементного статуса у юношей 14–16 лет жителей Магаданской области

На рис. 2 показаны особенности взаимодействия элементов с позиции их биологической роли. Данная классификация была предложена Георгиевским В.И., Анненковым Б.Н., Самохиным В.Т. в 1979 г. [8]. На рисунке изображены взаимодействия жизненно важных (эссенциальных) элементов с хорошо изученной биологической ролью: Ca, P, K, Na, Zn, Mn, I, Se, Mg, Fe, Cu, Co. В первой группе обнаружено 11 связей, во второй – 12

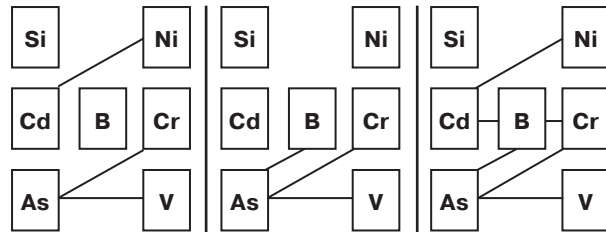


Рис. 3. Корреляционные плеяды условно необходимых макро- и микроэлементов в организме юношей Магаданской области ($r \geq 0,5$)

Примечание. 1 гр. – г. Магадан, 2 гр. – пос. Ола, 3 гр. – г. Сусуман

связей, в третьей – 7 связей. Есть связи, которые характерны для всех групп: Mg-Ca, K-Na, известные межэлементные взаимодействия элементов-антагонистов и синергистов (соответственно), а также Mn-Mg – элементов, в процессе тканевого метаболизма конкурирующих за активные центры в ферментных формах (в металло-ферментных комплексах щелочной фосфатазы, холинэстеразы и др.). Для Приморской территории характерно наличие пар Mn-Fe, Mg-P, Cu-P, Ca-P, Co-I. Перечисленные элементы являются тиреоспецифическими и их сочетанный дефицит отражает причину существования зобной эндемии в г. Магадане [9]. Так как проблема зобной эндемии была диагностирована и в континентальной зоне Магаданской области, очевидно, что механизм развития одной и той же патологии может несколько отличаться, находясь в зависимости от элементных взаимоотношений. В 3 гр. юношей (г. Сусуман) выявлены пары тиреоспецифических элементов: Co-Se, Ca-Mn, I-Mg, I-K. Изменения во взаимодействии биоэлементов могут приводить к развитию, в том числе и вторичного йодного дефицита, который не купируется только лишь йодной профилактикой (прием биодобавок с йодом или употребление обогащенных йодом продуктов питания). В таком случае для профилактики зоба необходимо целенаправленное введение в рацион Ca, Mg, Cu, Fe, Co.

На рис. 3 показаны вероятно (условно) необходимые элементы: Si, V, Ni, As, Cd, Cr, B.

Следует отметить, что наиболее выражены взаимосвязи в 3 гр., что подтверждает ранее сделанный вывод, что в континентальных районах особенно у мужчин накапливаются эти элементы в организме.

Между элементами с малоизученной ролью (Li, Al, Sn, Pb, Be) связей почти не обнаружено: Al-Li (в 1-й и 3-й группах), Li-Pb (только в 1-й группе).

Примечательно, что отдельные элементы, особенно тяжелые металлы или условно токсичные, образуют достаточно большое количество связей с другими элементами в разных группах (табл. 2), что указывает на существование адаптивных особенностей обмена веществ, связанные с проживанием на той или иной территории.

Таким образом, мы обнаружили, что максимальное число связей образуют между собой эссенциальные элементы, по всей видимости, обеспечивающие оптимальную структуру биотического макро-микроэлементного баланса организма. Условно необходимый элемент кремний (Si) внутри своей группы связей вовсе не образует, при этом в Приморской зоне часто образует пары с йодом, фосфором, кальцием. Оценка элементного профиля, по нашему мнению, включает в себя не только исследование эссенциальных элементов, но и их зависимость от вероятно необходимых, малоизученных и токсичных элементов, т.к. коррекция часто может быть успешна при одновременном введении малых доз таких элементов как хром и кремний, и выведении избытка мышьяка, кадмия, алюминия, свинца, олова, бора.

Таблица 2. Межэлементные взаимодействия в организме юношей Магаданской области

Классы химических элементов (по Георгиевскому, Анненкову, Самохину, 1979)	Пары элементов на основе корреляционного анализа ($r > 0,5 $; $p < 0,05$)		
	Приморская территория		Континентальная территория
	1 гр.	2 гр.	3 гр.
Вероятно (условно) необходимые	Ni-Mn (Al, Fe, Mg, Ca, K), As-I, Si-Be (I), Cd-Se (Al, Sn)	Ni-P (Cu, Al), V-Zn (I, Cu, Li, Se, Ca, Mg), As-Sn (Li, Se), Cr-Be (Zn, Cu, Li, I, Se, P, Ca, Mg), B-K, Si-P (Ca)	Ni-Al (K, Mn), V-Al (Na, Li, I, K, Ca, Mg), As-K (Na, I), Cr-Al (Mg, K, Na, Ca, I, Li), B-Al (Na, K, Ca), Cd-Mg
Элементы с малоизученной ролью	Al-K (Fe, Mg, P), Li-K, Sn-Mg (Se), Pb-K (Zn, Cu), Be-P	Al-Ca (Fe, Mg, P), Li-K (Fe, Mg), Sn-Co (I, Zn, Se), Pb-K, Be-Mn	Al-P (Se), Pb-I, Sn-Na (K, Fe)

Примечание: 1 гр. – г. Магадан, 2 гр. – пос. Ола, 3 гр. – г. Сусуман

Итак, дефицит Ca, Co, Cu, I, избыток Si можно рассматривать как общую североспецифическую особенность элементного статуса юношей Магаданской области, а дефицит Mg, Mn, P, Se, Zn – как общее нарушение баланса, характерное для жителей прибрежной территории. У жителей внутриконтинентальной

территории чаще встречался избыток Zn, P, Fe, Mn, Cr.

В сообщении 2 мы представим особенности взаимосвязей параметров элементной системы с физиологическими показателями организма юношей 16-21 года г. Сусумана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Луговая Е.А., Бульбан А.П. Элементный статус детей г. Магадана как интегральный показатель природно-социальных условий региона // Сб. мат. Междунар. конф. «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития и решения». - Архангельск, 2002. - Т. 2. - С. 652-656.
 2. Сороко С.И., Бурых Э.А., Бекшаев С.С., Сидоренко Г.В., Сергеева Е.Г. и др. Оценка состояния основных функций организма у детей, проживающих в условиях Европейского Севера. - В кн. «Человек на Севере: системные механизмы адаптации». - Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2007. - 228 с.
 3. Луговая Е.А. Состояние макро- и микроэлементного баланса у юношей, уроженцев различных климатогеографических зон Магаданской области // Мат. III Межрегион. конф. молодых ученых «Научная молодежь – Северо-Востоку России». - Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. - С. 90-91.
 4. Maximov A.L., Lugovaya E.A. Profiles of macro- and trace element status showed by male residents of Magadan region's different climatic areas // Abst. 4th Int. FETEM Symp. "Trace elements and minerals in medicine and biology". - Микроэлементы в медицине. - 2010. - Т. 11, Вып. 2. - С. 26.
 5. Боровиков В. Statistika. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. - СПб.: Питер, 2003. - 688 с.
 6. Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климато-географических регионов: Автореф. дис. на соискание уч. степени д.м.н. - М., 2000. - 43 с.
 7. Луговая Е.А., Бартош Т.П. Параметры микроэлементной системы и психофизиологического профиля подростков Магадана, склонных и не склонных к употреблению алкоголя // Наркология. - 2011. - № 1 (109). - С. 62-69.
 8. Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. Минеральное питание животных. - М.: Колос, 1979. - 470 с.
 9. Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Луговая Е.А. Эндемический зоб у детей г. Магадана. Эпидемиология, экологические факторы. - Магадан: изд-во СМУ, 2004. - 106 с.
- Работа выполнена при частичной поддержке проектов в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН и ДВО РАН «Фундаментальные науки – медицине» № 12-I-П7-01.

Резюме. Рассмотрены особенности взаимоотношений элементов в организме юношей, проживающих на приморской и континентальной территориях Магаданской области. Обнаружено, что максимальное число связей образуют между собой эссенциальные элементы, в отличие от условно необходимых и элементов с малоизученной ролью, что, по всей видимости, обеспечивает оптимальную структуру биотического макро-микроэлементного баланса организма. Выявленный дефицит Ca, Co, Cu, I, избыток Si можно рассматривать как общую североспецифическую особенность элементного статуса юношей Магаданской области, а дефицит Mg, Mn, P, Se, Zn характерен для жителей прибрежной территории. У жителей внутриконтинентальной территории чаще встречался избыток Zn, P, Fe, Mn, Cr.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, Север, адаптация.

Abstract. The studied in the paper is the profiles of element interrelation observed in the young males residing in coastal and continental areas of Magadan region. Found that, the maximal number of correlations is formed by essential elements as differed from conventionally essential or elements with a poorly learned role. All that apparently provides an optimal structure of the body biotic macro-microelement balance. The revealed deficit in Ca, Co, Cu, and I as well as excess in Si can be considered as a common North-specific peculiarity of Magadan region young males' element status while deficit in Mg, Mn, P, Se, and Zn is typical for the coastal area residents. The continental area residents mostly demonstrate the excess in Zn, P, Fe, Mn, and Cr.

Key words: trace elements, North, adaptation.

КОНТАКТЫ

Луговая Елена Александровна. E-mail: elena_plant@mail.ru
Максимов Аркадий Леонидович. E-mail: arktika@online.magadan.su