



ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ И АДАПТАЦИИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ АДАПТАЦИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ: ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С СОДЕРЖАНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ. СООБЩЕНИЕ 2.

УДК 612.015-055.2

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

Максимов А.Л.: Директор, чл.-корр. РАН, профессор;

Суханова И.В.: научный сотрудник, к.б.н.

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

REGION-RELATED CHARACTERISTICS OF HUMAN MICROELEMENT ADAPTATION SHOWN BY THE NORTH RESIDENTS: INTERRELATION OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS WITH THE BODY ELEMENT CONTENT. REPORT 2.

Lugovaya E.A., Maximov A.L., Sukhanova I.V.

Введение

Проживание на территории, характеризующейся определенным уровнем содержания макро- и микроэлементов (МЭ) в объектах окружающей среды, обуславливает определенный микроэлементный состав биосред организма. Химический гомеостаз является необходимым компонентом сохранения здоровья, а избыточный или недостаточный уровень содержания макро- и микроэлементов в организме может являться показателем как состояния здоровья, так и характеристикой экологического неблагополучия [1, 2]. Оценка состояния элементного баланса, позволяя с достаточно высокой точностью судить об эффективности работы его морфофизиологических систем и риске развития тех или иных патологических состояний, может применяться в качестве средства донологической диагностики [3, 4, 5]. Для правильной диагностической интерпретации анализа волос необходимо глубокое понимание зависимости состояния элементного обмена от ряда естественных факторов, определяющих тот уровень обмена, который является нормальным для соответствующей группы людей [6, 7]. Целью нашей работы явилось выявление зависимостей содержания химических элементов от функциональных параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем, энергетически-метаболических характеристик, антропометрических показателей.

Материал и методы исследования

В исследованиях принимали участие юношеские студенты 16–21 года (n=29), представители континентальной зоны проживания (г. Сусуман) Магаданской области. У обследуемых определяли основные

соматометрические показатели: длину и массу тела, окружность грудной клетки. На основе метода биоэлектрического сопротивления определяли общее содержание жира (в % от массы тела) в организме, с последующим расчетом содержания воды (%), минерального компонента в костях (кг) и мышечной массы (кг). Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы в покое производился путем измерения показателей систолического (САД, мм.рт.ст.), диастолического (ДАД, мм.рт.ст.) артериального давления, а также частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) автоматическим тонометром Nesei DS-1862 (Япония). Измерялось время максимальной задержки дыхания на выдохе (проба Генчи). Насыщение гемоглобина кислородом (HbO₂,%) во время дыхательных проб определяли методом фотооксиметрии с использованием пульсоксиметра «NPB-40» (США). Параметры оксигенации артериальной крови регистрировали перед пробой и на пике ее исполнения. Для оценки ряда параметров и газообмена у юношей в состоянии покоя с помощью метабографа MedGraphics VO2000 (США) определяли уровни содержания кислорода (O₂, %) в выдыхаемом воздухе, потребление кислорода (ПО₂, мл/мин), минутный объем дыхания (МОД, л), частоту дыхания (ЧД, цикл/мин), дыхательный объем (ДО, мл) и энергозатраты в состоянии покоя (ккал/мин/кг).

Определение содержания 25 макро- и микроэлементов (МЭ) в волосах человека проводили методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой 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 МЭ в организме юношей, а также МЭ и физиологических параметров анализировали 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 [8]. Для сравнения вариационных рядов использован t-критерий Стьюдента при оценке уровня достоверности $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Для более полного понимания адапционных механизмов был проведен корреляционный анализ связи химических элементов с функциональными параметрами организма у одних и тех же юношей г. Сусумана. Выявлены взаимосвязи содержания йода с антропометрическими показателями: его пониженное содержание связано с повышенными показателями массы тела, общего содержания жира в организме, общего содержания минерального компонента в костях, мышечной массы и окружности грудной клетки (рисунок).

В то же время нами показаны статистически значимые взаимосвязи между содержанием йода и энергетически-метаболическими характеристиками. Установлено, что у юношей г. Сусумана значительно повышен уровень потребления кислорода, в среднем на 30–35% выше нормативных значений жителей европейского Севера, что свидетельствует о высоких энергетических потребностях организма молодых людей, проживающих в континентальной природно-климатической зоне Магаданской области [9]. Выявленная в нашей работе отрицательная корреляционная взаимосвязь йода с уровнем высоких значений потребления кислорода позволяет предпо-

ложить формирование компенсаторного механизма, направленного на обеспечение организма энергетическими ресурсами на фоне дефицита йода. При этом дыхательный коэффициент (ДК), значения которого у юношей г. Сусумана свидетельствуют о преобладании липидно-жирового энергетического обеспечения организма, находится в прямой зависимости от содержания йода в организме. Аналогичные корреляционные взаимосвязи физиологических показателей выявлены с хромом. Значения дыхательного коэффициента также находятся в обратной зависимости от содержания железа и в прямой зависимости от содержания Ca, Si, Hg, V.

По данным А.Р. Грабеклиса [5], относительно тесные связи с антропометрическими показателями характерны для макроэлементов: Ca, K, в меньшей степени, Mg, Na. Причем для Ca и Mg это положительная корреляция, а для Na и K – отрицательная. В нашем исследовании взаимосвязей Na и K с антропометрическими показателями не выявлено, а связи Ca и Mg опосредованы через Cr.

Необходимо обратить внимание на наличие взаимосвязей между показателем энергообеспеченности организма в состоянии покоя и элементарным статусом организма. Так, между показателем энергозатрат в состоянии покоя, который у обследуемых молодых людей находился выше верхней границы физиологической нормы, и концентрацией Ca выявлена отрицательная корреляционная связь, т.е. дефицит этого важного элемента может быть связан с повышенными энергозатратами молодых людей в состоянии покоя, что противоречит принципу «экономизации», необходимого для оптимальной адаптации организма в экстремальных условиях Северо-Востока России. Аналогичная направленность связи выявлена между показателем энергозатрат организма и содержанием Cr.

Показатель КИО₂ (кислородной емкости крови), отражающий эффективность внешнего дыхания, находится в прямой зависимости от концентрации Mg,

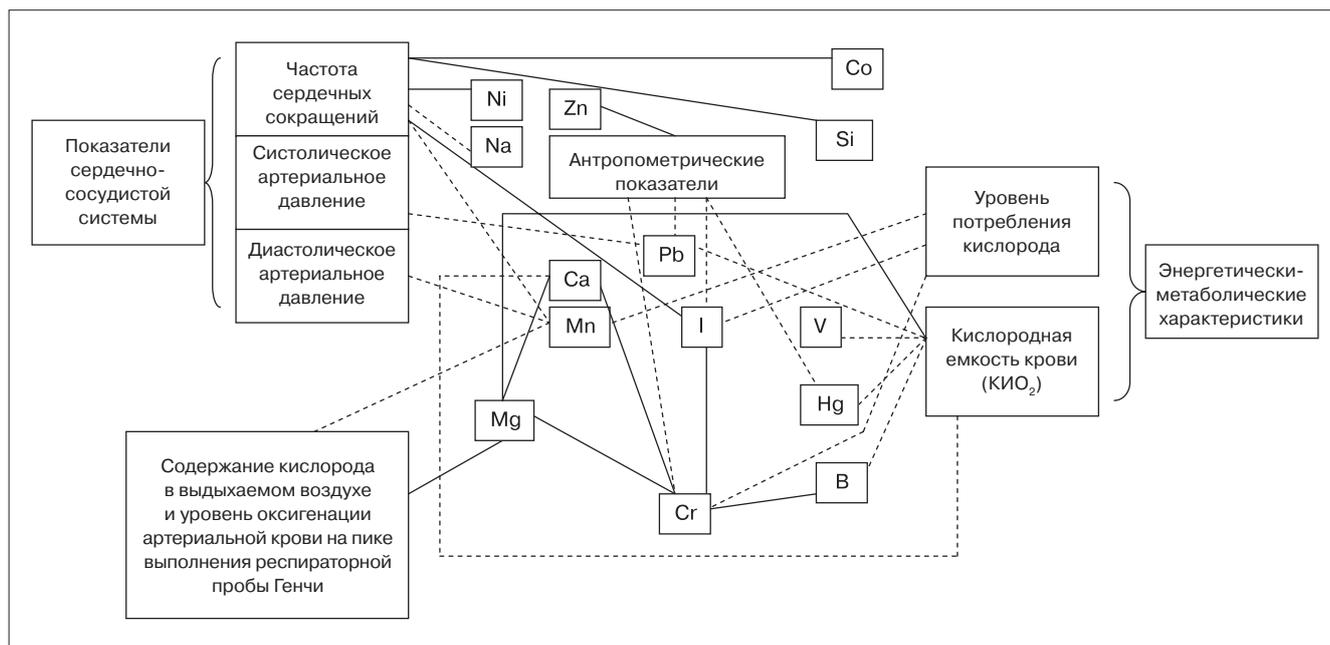


Рис. Корреляционные взаимосвязи между физиологическими параметрами и содержанием макро- и микроэлементов в организме юношей 16–21 года г. Сусумана ($p < 0,05$).

Примечание: сплошная линия – положительные связи, пунктирная – отрицательные.

который входит в состав почти 300 ферментных комплексов, участвует в процессе межклеточного метаболизма как специфический активатор или кофактор ферментов [3]. У юношей г. Сусумана отмечены высокие значения кислородной емкости крови, которые, по данным О.Н. Поповой [10], превышают нормативы, характерные для молодых людей, проживающих в условиях европейского Севера (норма составляет 39,9–40,0 мл/л). Данный факт может свидетельствовать о возрастании диффузии кислорода через альвеоларно-капиллярную мембрану [11]. Данный механизм (на фоне низких значений дыхательного объема и легочной вентиляции) направлен на снижение кислородного долга, обусловленного повышенными энергозатратами организма в условиях холода. Подтверждением взаимосвязи содержания Mg и кислородообеспечения организма является наличие положительных статистически значимых корреляционных связей этого элемента с содержанием кислорода в выдыхаемом воздухе и уровнем оксигенации артериальной крови на пике выполнения респираторной пробы Генчи. При этом отмечается обратная зависимость кислородной емкости крови от содержания тяжелых и токсичных элементов в организме (Pb, V, Hg, В). Имеются сведения, что под действием ртути усиливается перекисное окисление липидов в эритроцитах человека, что выражается в повышении уровня малонового диальдегида [12], что, возможно, является отражением отрицательной корреляционной взаимосвязи между показателями концентрации ртути в волосах испытуемых с кислородной емкостью крови.

В наших работах было отмечено [9], что у юношей г. Сусумана выявлены более низкие значения дыхательного объема – ДО и минутного объема дыхания – МОД, показатели которого несколько ниже нормативных величин [10]. Снижение данного показателя, является приспособительным механизмом для ограничения респираторных теплопотерь с выдыхаемым воздухом в условиях низких температур окружающей среды. Понижение данных показателей функции внешнего дыхания оказалось связано с повышенным содержанием в организме Fe и Mn; концентрации данных элементов находятся в избытке в исследуемой группе.

Что касается свинца, одного из наиболее «популярных» в научных исследованиях в плане негативного влияния на организм в целом, то нами отмечены взаимосвязи между антропометрическими показателями, в частности с уровнем минерального компонента в костях, а также длиной тела испытуемых с концентрацией свинца в волосах у этих же обследуемых. Аналогичные данные получены в исследованиях Г.В. Ермоленко [1], где отмечается, что повышенное содержание Pb в организме у подростков 13 лет, проживающих в условиях химического загрязнения среды, детерминирует снижение роста-весовых показателей. Данное обстоятельство, возможно, обусловлено тем, что в условиях кальциевого дефицита организм может использовать Pb^{2+} вместо Ca^{2+} [13] и в этом случае Pb^{2+} выступает как функциональный синергист Ca^{2+} . Наличие отрицательных взаимосвязей между токсическими элементами, и показателями длины и массы тела выявлены в исследованиях Лобановой Ю.В. [14], А.Р. Грабекслиса [5], проводивших исследования на детях и подростках. Следует

отметить, что физиологические эффекты химических элементов в фоновых концентрациях, особенно токсичных, выявлены и в других работах [15, 16].

Помимо этого нами отмечена комплексная связь цинка с антропометрическим комплексом, что подтверждается литературными данными [5]. В опытах *in vitro* показано вовлечение Zn в процессы выработки инсулина β -клетками поджелудочной железы, а также в процессы связывания инсулина клеточными рецепторами, влияние его на процессы липогенеза и липолиза в адипоцитах [14]. Связь Zn с увеличением размеров тела может рассматриваться как прямая, поскольку он принимает непосредственное участие в процессах, связанных с ростом организма (активация соматотропного гормона, синтез белка, формирование костной и хрящевой ткани и т.д.) [5]. В ряде экспериментальных работ показана эффективность коррекции дисбаланса элементов металлокомплексами цинка и кобальта при различных функциональных состояниях [17, 18].

Следующий этап исследования заключался в анализе взаимосвязей основных показателей сердечно-сосудистой системы с элементным статусом. Так, у юношей отмечены высокие значения систолического и диастолического артериального давления [9]. Сравнительный анализ уровня систолического (САД) и диастолического давления (ДАД) юношей из различных регионов России выявил, что для проживающих в континентальной природно-климатической зоне Магаданской области характерны самые высокие показатели систолического артериального давления [19]. При этом в наших исследованиях отмечены обратные взаимосвязи уровня САД с содержанием Cr и Pb, повышенные значения ДАД, которые свидетельствуют о периферическом спазме сосудов, отрицательно связаны с уровнем Mn и I. Повышенные значения артериального давления являются компенсаторно-приспособительным механизмом для обеспечения теплового гомеостаза при действии низких температур окружающей среды, так как известно, что в условиях холода активизируются процессы производства и сохранения тепловой энергии в организме за счет рефлекторного спазма периферических сосудов, в результате чего происходит снижение теплоотдачи, что обеспечивает поддержание теплового баланса на оптимальном уровне [20]. Наибольшее количество взаимосвязей из показателей сердечно-сосудистой и элементной систем отмечается с частотой сердечных сокращений (ЧСС): прямая зависимость данного показателя от содержания Co, Ni, Si и I и обратная направленность взаимодействия – с Mn и Na.

При количественной оценке стоит выделить элементы, с наибольшим количеством связей с физиологическими показателями: Pb – 14, I – 12, Mn – 10, Cr – 10, Hg – 9, Si – 8, Co – 6, Mg – 6, Ca – 5, Ni – 5. Эти элементы, бесспорно, являются эссенциальными, имеющими жизненно важное значение для функционирования организма, но, в то же время, при повышении концентраций, могут оказывать более или менее токсическое воздействие на органы и влиять на процессы в них протекающие. Поэтому, мы присоединяемся к мнению коллег [21], что в условиях Севера важно соблюдать баланс между естественным фоновым напряжением и дополнительной нагрузкой, связанной с образом жизни человека, поведением, питанием, профилактикой здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ермоленко Г.В. Особенности функционирования ведущих адаптационных систем и психофизиологический статус подростков, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды: Автореф. дис. на соискание уч. степени к.б.н. М., 2007. 24 с.
2. Баранова О.В., Брудастов Ю.А., Детков В.Ю., Мироненко А.Н. Оценка содержания микроэлементов в волосах жителей региона с повышенной антропогенной нагрузкой // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 2. – С. 64–67.
3. Грабеклис А.Р. Половые, возрастные и эколого-географические различия в элементном составе волос у детей 7–14 лет, проживающих в различных регионах России: Автореф. дис. на соискание уч. степени к.б.н. СПб., 2009. 24 с.
4. Мирошников С.В., Нотова С.В., Алиджанова И.Э., Кияева Е.В. Вариабельность сердечного ритма и элементного статуса у юношей студентов // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 2. – С. 44–47/
5. Боровиков В. Statistika. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
6. Демидов В.А., Детков В.Ю., Сальникова Е.В. Обоснование необходимости учета региональных биогеохимических особенностей при проведении мероприятий по восстановлению здоровья населения // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 5. – С. 2–5.
7. Попова О.Н. Характеристика адаптивных реакций внешнего дыхания у молодых лиц трудоспособного возраста, жителей Европейского Севера: Автореф. дис. на соискание уч. степени д.б.н. М., 2009. 39 с.
8. Неверова Н.П., Андропова Т.И., Мочалов М.М. К вопросу о физиологических механизмах начального периода акклиматизации в Арктике // Адаптация человека. 1972. С. 191–196.
9. Mateo M.C., Aragon P., Prieto M.P. Inhibitory effect of cysteine and methionine on free radicals induced by mercury in red blood cells of patients undergoing haemodialysis // Toxicology in vitro. 1994. Vol. 8, N 4. 597 p.
10. Стародумов В.Л. Дефицит нутриентов как возможное условие развитие интоксикации, вызванной воздействием малых доз свинца // Гигиена и санитария. 2003. № 3. С. 60–62.
11. Лобанова Ю.В. Особенности элементного статуса детей из различных регионов России: Автореф. дис. на соискание уч. степени к.б.н. М., 2007. 19 с.
12. Lafage-Proust M.H. Metabolism phosphocalcique, tissue osseux et contraintes mecaniques // Revrhum. Ed. fr. 2000. Suppl. 2. Pp. 64–71.
13. Евстафьева Е.В., Залата О.А., Репинская Е.В., Евстафьева И.А. Корреляционные связи между содержанием токсичных и эссенциальных металлов в организме и характеристиками ЭЭГ // Нейрофизиология. 2006. Т.38, № 2. С. 167–174.
14. Суханова И.В. Соматофизиологические характеристики физического развития юношей Северо-Востока России: Автореф. дис. на соискание уч. степени к.б.н. Магадан, 2007. 23 с.
15. Барбараш Н.А. Периодическое действие холода и устойчивость организма // Успехи физиологических наук. 1996. Т. 27, № 4. С. 116–131.
16. Евстафьева Е.В., Залата О.А., Репинская Е.В., Евстафьева И.А. Корреляционные связи между содержанием токсичных и эссенциальных металлов в организме и характеристиками ЭЭГ // Нейрофизиология. – 2006. – Т. 38, № 2. – С. 167–174.
17. Луговая Е.А., Бабаниязов Х.Х. Коррекция элементного дисбаланса у жителей г. Магадана, регулярно занимающихся спортом, препаратами цинка и кобальта // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 5. – С. 57–60.
18. Лебедева С.А., Бабаниязова З.Х., Радионов И.А., Скальный А.А. Металлокомплексы цинка и кобальта в восстановительном лечении гипоксических состояний // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 2. – С. 67–69.
19. Суханова И.В. Соматофизиологические характеристики физического развития юношей Северо-Востока России: Автореф. дис. на соискание уч. степени к.б.н. – Магадан, 2007. – 23 с.
20. Барбараш Н.А. Периодическое действие холода и устойчивость организма // Успехи физиологических наук. – 1996. – Т. 27, № 4. – С. 116–131.
21. Корчина Т.Я., Корчина И.В., Козлова Л.А., Кузьменко А.П., Ямбарцев В.А., Сорокун И.В. Оптимизация обеспеченности селеном населения северного региона посредством питания и двигательной активности // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 2. – С. 40–44.

РЕЗЮМЕ

На примере группы юношей 16–21 года, проживающих в континентальной зоне Магаданской области (г. Сусуман), изучены особенности взаимосвязей антропометрических показателей, параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем с содержанием 25-ти химических элементов в волосах. Установлены положительные взаимосвязи Zn с ростом-весовыми характеристиками, Co, Si, Ni, I с частотой сердечных сокращений, Mg – с содержанием кислорода в выдыхаемом воздухе и кислородной емкостью крови, отрицательные: Pb, Hg, I, Cr с антропометрическими показателями, Mn, Na, Pb – с параметрами сердечно-сосудистой системы. Отмечены обратные взаимосвязи уровня систолического артериального давления с содержанием Cr и Pb, повышенные значения диастолического артериального давления, которые свидетельствуют о периферическом спазме сосудов, отрицательно связаны с уровнем Mn и I. Показаны статистически значимые взаимосвязи между содержанием I, Cr, Ca, Mn, V, Hg, B и энергетически-метаболическими характеристиками организма. Некоторые взаимосвязи опосредованы через цепочку межэлементных отношений, например, связи Ca и Mg с антропометрическими данными опосредованы через Cr.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, Север, адаптация, физиологические параметры, юноши.

ABSTRACT

Based on the examined group of 16–21 year old young male residents of the continental area of Magadan region (the town of Susuman), the profiles of interrelations of anthropometric parameters as well as cardiovascular and respiratory systems with the 25 elements taken from the hair samples have been studied. The positive correlations were found: Zn with the growth-and-height characteristics; Co, Si, Ni, I with the heart rates; Mg with the expired oxygen content and blood oxygen capacity. The negative correlations were found: Pb, Hg, I, Cr with the anthropometric values; Mn, Na, Pb with the parameters of cardiovascular system. There were found the reverse interrelations of the systolic arterial pressure with Cr and Pb content, and the increased diastolic arterial pressure values that testified to peripheral vasoconstriction and negatively correlated to Mn and I. Also found were the reliable correlations between I, Cr, Ca, Mn, V, Hg, B and the body energetic-and-metabolic characteristics. Some of the interrelations are performed mediately through a chain of the element correlations, for example, Ca and Mg correlate with the anthropometric values through Cr.

Key words: trace elements, North, adaptation, physiological parameters, young males.

Работа выполнена при частичной поддержке проектов в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН и ДВО РАН «Фундаментальные науки – медицине» № 12-1-П7-01.

Контакты:

Луговая Елена Александровна. E-mail: elena_plant@mail.ru

Суханова Инесса Владиславовна. E-mail: arktika@online.magadan.su