

Л.В. Транковская, В.Н. Лучанинова, Е.В. Крукович, А.Б. Косолапов

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАРУШЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СТАТУСА У ПОДРОСТКОВ

Владивостокский государственный медицинский университет, г. Владивосток

Резюме

С целью изучения эпидемиологии минерального дисбаланса у подростков — жителей современного индустриального центра, обследовано 619 практически здоровых уроженцев г. Владивостока в возрасте от 11 до 16 лет. Методом атомно-абсорбционной спектрометрии изучено содержание в их организме Pb, Cd, Cr, Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg. Определена распространенность избытка и дефицита минеральных веществ. С применением пошагового дискриминантного анализа исследованы факторы риска нарушений элементного гомеостаза и разработан алгоритм прогноза изменений элементного статуса.

Ключевые слова: элементный статус, подростки.

L.V. Trankovskaya, V.N. Luchaninova,
E.V. Krukovich, A.B. Kosolapov

THE EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS OF THE MINERAL STATUS DISORDERS IN TEENAGERS

Vladivostok state medical university, Vladivostok

Summary

The aim of the study was epidemiology of mineral misbalance in teenagers. Inhabitants of the modern industrial centre are surveyed. We have examined healthy natives of Vladivostok at the age from 11 to 16 years. The method of atom absorption spectrometry showed the contents of microelements in organism. They were Pb, Cd, Cr, Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, and Mg. The prevalence of overabundance and deficiency of mineral substances is determined. With application of step-by-step discrimination analysis the factors of risk of element homeostasis disorder are investigated and the algorithm of the element status changes prognosis is being developed.

Key words: elements status, adolescents.

В последние годы обращено внимание на формирование патологии, связанное с несбалансированным поступлением в организм минеральных веществ [1, 3, 5, 9]. Получены достаточно обширные сведения о проявлениях избытка и дефицита отдельных микро- и макроэлементов, а также о параметрах содержания минералов у людей, проживающих в различных эколого-геохимических условиях [6, 10, 11, 14, 15]. Вместе с тем остается нерешенным ряд важных задач. Так, не в полной мере исследована эпидемиология минерального дисбаланса, недостаточно изучена роль различных факторов риска в формировании нарушений элементного гомеостаза, не разработан алгоритм прогноза изменений элементного статуса. Таким образом, на сегодняшний день отсутствует достаточное решение проблемы минерального дисбаланса. Особенно значимой представляются обозначенные вопросы для жителей индустриально-промышленных регионов, особенно подростков, что связано с анатомо-физиологическими особенностями пубертатного периода, повышающими чувствительность молодого растущего организма к неблагоприятному воздействию многочисленных факторов среды обитания, имеющих место в указанных местах проживания. Изложенные обстоятельства определили актуальность предпринятого исследования, цель которого состояла в изучении эпидемиологии минерального дисбаланса у подростков — жителей современного индустриального центра (на примере г. Владивостока).

Материалы и методы

Обследовано 619 практически здоровых подростков — уроженцев г. Владивостока в возрасте от 11 до 16 лет. У всех обследованных изучено содержание в организме химических элементов (ХЭ) — Pb, Cd, Cr, Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg. Определение ХЭ в биопробах (волосы, моча) выполнено методом атомно-абсорбционной спектрометрии в лаборатории санитарно-гигиенических исследований ГУ ЦГСЭН в г. Владивостоке. Отбор проб, пробоподготовка и измерения осуществлялись в соответствии с требованиями МАГАТЭ, нормативно-методической документации МЗ РФ (МУК 4.1.763-4.1.779-99; МУК 4.1.057-4.1.081-96; МУК 4.1.075-96), рационализаторского предложения «Способ подготовки биопроб методом «мокрого озоления» в установке СВЧ — минерализатор «Минотавр-1» для атомно-абсорбционной спектрометрии» (Патентный отдел ВГМУ № 2487/51 от 27.09.2002). Схожесть результатов удовлетворительная, поэтому полученные результаты достоверны и соответствуют системам качества.

Для анализа распространенности изменений элементного гомеостаза использовали региональные возрастные центильные шкалы (Л.В. Транковская и др., 2003). К вариантам нормы относили значения показателей, располо-

женные в зоне 4-5 центильных интервалов. Параметры содержания ХЭ ниже 25 центиля расценивались как недостаточные, выше 75 центиля — как избыточные.

Проведен анализ элементного статуса у лиц, проживающих в районах с допустимым, умеренно опасным и опасным химическим загрязнением почвы. Содержание в почве химических веществ оценивалось в соответствии с документами «Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно допустимых количеств химических веществ в почве» № 6229-91, ГН 2.1.7.020-94 «Ориентировочно-допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах», СанПин 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы», МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». При этом использованы

отчеты Комитета по геологии и использованию недр Приморского края и данные ГУ ЦГСЭН в г. Владивостоке (1995-2002 гг.).

Для определения роли индивидуальных факторов риска в формировании нарушений элементного статуса указанные факторы исследованы у подростков, имеющих минеральный дисбаланс, и подростков с содержанием ХЭ в волосах в пределах 4-5 центильных интервалов нормативных шкал. Все обследованные имели 1 или 2 группу здоровья, постоянно проживали и посещали муниципальные образовательные учреждения в районах с умеренно опасным и опасным химическим загрязнением окружающей среды (ОС). Полученные в результате анкетирования и анализа медицинской документации материалы собраны в массив исходных данных, содержащий абсолютные значения ХЭ и закодированные качественные характеристики 72 факторов риска. С помощью многофакторного анализа отдельно для различных ХЭ выявлены значимые ($p < 0,05$) факторы риска и разработан алгоритм прогноза развития минерального дисбаланса.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием общепринятых методов параметрического и непараметрического анализа. Для сравнения изученных показателей применяли t-критерий Стьюдента и χ^2 , для изучения взаимосвязи признаков — корреляционный анализ Спирмена, в качестве многофакторного использован пошаговый дискриминантный анализ [8].

Результаты и обсуждение

Владивосток — крупный индустриальный центр России, имеющий развитую производственную инфраструктуру. Отличительной особенностью города является чередование промышленных и селитебных зон. Ряд предприятий размещен с нарушением санитарно-защитных зон. В течение последних десятилетий произошло выраженное увеличение количества автомобилей, что повлекло стремительное развитие сети автозаправочных

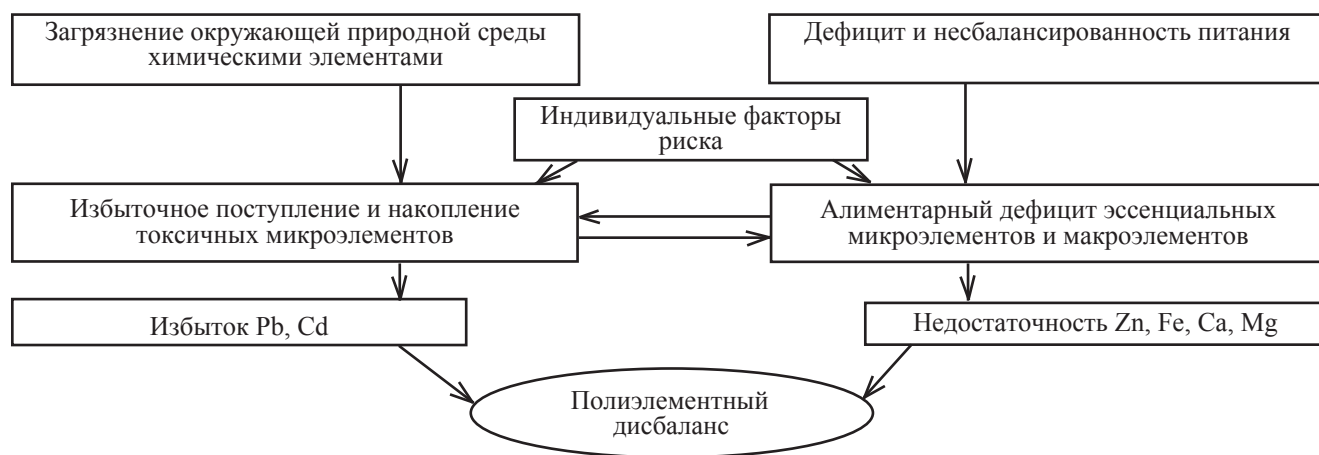
станций и предприятий по обслуживанию автомашин. Актуальную проблему представляет недостаточная сеть магистралей и неудовлетворительное состояние дорожного полотна. Все указанное обуславливает высокую техногенную нагрузку на значительную часть жилой зоны пилотной территории. Составной частью антропогенных выбросов являются ХЭ, преимущественно тяжелые металлы. Важной характеристикой последних считается устойчивость во внешней среде, способность кумулироваться в экосистемах, вступать в геобиологический оборот [9, 13], что во многом определяет постоянное увеличение химического загрязнения ОС. Представляется важным указать на сложившуюся в городе критическую ситуацию с утилизацией промышленных и бытовых отходов. Нерешенность проблемы их переработки, отсутствие специализированного полигона, аккумуляция токсичных веществ вблизи источников выбросов приводит к высокому уровню химического загрязнения ОС. Как следствие, количество металлов, накопленных в природных средах г. Владивостока, превышает гигиенические нормативы и региональный фон. Ежегодно от 68 до 100% проб почвы, исследуемых ЦГСЭН, не соответствуют нормативам по санитарно-химическим показателям. В селитебной территории удельный вес нестандартных проб составляет от 74 до 97%, в том числе на территории детских площадок — от 82 до 100%. Кратность превышения предельно допустимых концентраций достигает по Pb 341,8 раза, по Cu — 132,6 раза, по Zn — 122 раза, по Cd — 73,9 раза. Выявляются территории с чрезвычайно опасным, опасным и умеренно опасным уровнем загрязнения [7]. Важно отметить, что почва выполняет роль связующего звена всех компонентов биосферы и может быть использована как объективный информационный показатель геохимического состояния экосистемы. Известно также, что специфические особенности загрязнения среды ХЭ отражает элементный состав волос человека [2, 12]. Действительно, нами обнаружены существенно более высокие параметры накопления Pb и Cd в волосах жителей районов с опасным и умеренно опасным загрязнением ОС ХЭ, по сравнению с жителями районов с допустимым загрязнением (таблица).

В целом распространенность нарушений минерального гомеостаза была достаточно высока — 67,2 на 100 обследованных. Элементозы имели место у 79,8% лиц в возрасте 11-13 лет и 54,4% подростков 14-16 лет. Отмечено, что по Pb и Cd наибольший удельный вес принадлежал уровням, превышающим 75-центильный показатель. Так, доля подростков с избытком Pb составила 39,2%, с избытком Cd — 27,3%. Обратило внимание значительное количество обследованных с очень высокой концентрацией Pb и Cd (19,2 и 10,8% соответственно), особенно среди мальчиков. В то же время, для Zn, Fe, Ca, Mg более типичным было отклонение фактических параметров содержания в зону ниже 25 центиля. Удельный вес подростков с недостаточностью Zn составил 39,4%; Ca — 38,0%; Fe — 27,3%; Mg — 24,0%. Как правило, наибольшее количество обследованных с дефицитом вышеуказанных минералов также выявлялось среди мальчиков. Исключение составил микроэлемент Fe. В целом распространенность его недостатка у девочек была выше, а в 14-16 лет

Содержание химических элементов (мг/г) в волосах обследованных, проживающих в районах с различной степенью химического загрязнения природной среды

Показатель		Химический элемент	
		Pb	Cd
1 группа (n=60)			
Содержание в почве Pb 3,7-29,3 мг/кг	M±m, доверительный интервал	5,27±0,38*	0,38±0,03*
Содержание в почве Cd 0,2-0,3 мг/кг	Me	5,60	0,32
Допустимая категория загрязнения	Интерквартильный размах	2,90-8,40	0,17-0,58
2 группа (n=60)			
Содержание в почве Pb 32,2-80,0 мг/кг	M±m, доверительный интервал	9,11±0,66	4,85-13,15
Содержание в почве Cd 0,7-1,5 мг/кг	Me	8,41	0,90
Умеренно опасная категория загрязнения	Интерквартильный размах	0,90±0,08 0,73-1,06	0,34-1,24
3 группа (n=60)			
Содержание в почве Pb 36,3-144,7 мг/кг	M±m, доверительный интервал	9,24±0,67	0,93±0,08
Содержание в почве Cd 1,03-5,09 мг/кг	Me	7,89-10,58	0,76-1,09
Опасная категория загрязнения	Интерквартильный размах	9,50	0,94
		5,03-13,05	0,40-1,23

Примечание. * — значимость различий со 2 и 3 группой; $p < 0,001$.



Факторы риска развития нарушений элементного статуса

установлены статистически значимые различия (35,0 и 17,1%; $p < 0,001$). Дисбаланс Cr, Mn и Cu в равной степени характеризовался развитием как избыточного накопления, так и дефицитных состояний (примерно по 20-25%). Характерной чертой состояния элементного гомеостаза обследованных было одновременное изменения содержания 2-7 минеральных веществ (определено у 52,5%), сочетание избытка Pb и Cd с недостаточностью Zn, Fe, Ca (выявлено у 37,0%).

Итак, избыточное накопление ХЭ чаще определялось в отношении Pb и Cd, относящихся к числу приоритетных химических загрязнителей пилотной территории. Наряду с избытком токсичных Pb и Cd, распространенным нарушением элементного статуса была недостаточность эссенциальных микроэлементов Zn, Fe, Mn, Cu, макроэлементов Ca и Mg. Анкетный опрос родителей подростков позволил установить, что в домашних рационах обследованных нередко отсутствовали продукты, которые растущий организм должен получать ежедневно. Так, мясо ежедневно употребляли лишь 67,1% обследованных, молоко и молочные продукты — 44,1%, овощи, фрукты и ягоды — 41,9%. Значительное количество школьников получало эти продукты не чаще 1-2 раз в нед. (16,1% — мясные и рыбные продукты, 32,9% — молочные продукты, 19,2% — овощи и фрукты). Известно, что мясо и рыба являются важным источником Cu, Zn, Fe; молочные продукты — источником Zn, Ca; овощи, фрукты, ягоды — источником Mn, Cu, Zn, Fe, Mg. Установленные нарушения в организации питания подростков, по нашему мнению, могут способствовать развитию минерального дефицита в их организме.

Кроме того, важно указать на особенность хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Владивостока, а именно использование воды из поверхностных водоемов. По химическому составу эта вода маломинерализованная, содержание Ca составляет 4,2-27,0 мг/л (при нормативе физиологической полноценности питьевой воды 25-130 мг/л); Mg — 1,86-7,9 мг/л (при нормативе 5-65 мг/л) [7].

В условиях избыточного поступления токсичных микроэлементов, на фоне алиментарного и водного дефицита эссенциальных минеральных веществ особое значение приобретает существующий между различными ХЭ

широкий спектр антагонистических взаимоотношений. Известно, что многообразие связей ХЭ формирует базу, на основе которой дефицит или избыток даже одного минерала способен вызвать полиэлементный дисбаланс [4, 6]. В результате выполненного анализа установлено наличие достоверных корреляций между концентрациями изученных макро- и микроэлементов: Pb и Zn ($R = -0,31$; $p < 0,001$); Pb и Mg ($R = -0,31$; $p < 0,001$); Pb и Ca ($R = -0,23$; $p < 0,001$); Pb и Fe ($R = -0,17$; $p < 0,001$); Cd и Fe ($R = -0,17$; $p < 0,001$); Cd и Ca ($R = -0,09$; $p < 0,01$); Cd и Mg ($R = -0,17$; $p < 0,01$); Cd и Zn ($R = -0,07$; $p < 0,05$).

Таким образом, имела место обратная взаимозависимость между уровнями содержания элементов, по которым определен избыток (Pb, Cd), и уровнями элементов, по которым выявлен дефицит (Zn, Fe, Ca, Mg), что вполне объяснимо. В частности, показано, что Pb и Cd оказывают выраженное антагонистическое действие на обмен Ca, Fe, Zn, Cu, Mg. При избытке Cd и (или) Pb происходит обеднение организма минералами, с которыми они находятся в антагонистических взаимоотношениях. В то же время, при недостатке Fe, Ca, Zn усиливается поглощение Pb и Cd, и даже безопасные их количества способны оказать токсическое воздействие. Низкие концентрации Zn повышают скорость всасывания Pb и Cd в кишечнике, а высокие, напротив, тормозят [6].

Кроме того, с использованием пошагового дискриминантного анализа нами установлены индивидуальные факторы риска, значимые ($p < 0,05$) для развития избыточного накопления Pb, недостаточности Zn, Fe, Ca, Mg. Наибольшую информативность имели характер питания, регулярность занятий спортом, место проведения летних каникул, состав и психологический климат семьи. Выделенные в ходе анализа показатели сведены в уравнения, что позволило разработать алгоритм прогноза нарушений элементного гомеостаза. В качестве примера приводим алгоритм прогноза избытка Pb: $Z = 8,2 \times x_1 + 4,6 \times x_2 + 2,8 \times x_3 + 2,2 \times x_4 + 1,3 \times x_5$, где x_1 — место проведения летних каникул (за городом — 1; частично в городе, частично за городом — 2; в городе — 3); x_2 — как часто в неделю употребляется мясо, рыба (ежедневно — 1; 4-5 раз в нед. — 2; 2-3 раза в нед. — 3; не употребляется — 4); x_3 — как часто в неделю употребляется молоко и молочные продукты (ежедневно — 1,

4-5 раз в нед. — 2; 2-3 раза в нед. — 3; не употребляется — 4); x_4 — как часто в неделю употребляются овощи и фрукты (ежедневно — 1; 4-5 раз в нед. — 2; 2-3 раза в нед. — 3; не употребляются — 4); x_5 — занятия спортом (не занимается — 1; занимается нерегулярно — 2; регулярно занимается в спортивной секции — 3). Прогностический индекс $Z=22,0$.

Результаты исследования дают основание полагать, что формированию нарушений элементного гомеостаза у подростков — жителей современного промышленного центра содействует комплекс факторов. Проживание в условиях высокой степени химического загрязнения ОС приводит к избыточному поступлению в организм токсичных микроэлементов (Pb, Cd). Избыток тяжелых металлов затрудняет усвоение жизненно необходимых минералов (Zn, Fe, Ca, Mg), особенно в условиях их недостаточного содержания в рационах питания. И, наоборот, алиментарный дефицит минеральных веществ создает дополнительные условия для накопления токсичных металлов. Развитию элементного дисбаланса способствуют индивидуальные факторы риска (рисунк). Полученные данные позволили разработать научно обоснованные профилактические мероприятия, направленные на снижение риска развития нарушений минерального гомеостаза у подростков.

Выводы

1. Распространенность минерального дисбаланса составляет 67,2 на 100 обследованных подростков. Характерным является нарушение содержания 2-7 минералов (52,5%), сочетание избытка Pb и Cd с дефицитом Zn, Fe, Ca (37,0%).

2. Обнаружены существенно ($p<0,001$) более высокие параметры содержания Pb и Cd у лиц, проживающих на территориях с умеренно опасным и опасным загрязнением окружающей среды химическими элементами.

3. Установлены индивидуальные факторы риска развития элементного дисбаланса, и разработан алгоритм прогноза нарушений гомеостаза минералов.

Л и т е р а т у р а

1. Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: Изд-во «КМК», 2001. 83 с.
2. Боев В.М. // Гигиена и санитария. 2002. № 5. С. 3-8.
3. Длин В.В., Османов И.М. // Рос. мед. журн. 1997. № 6. С. 48-50.
4. Иммунофармокология микроэлементов / А.В. Кудрин, А.В. Скальный, А.А. Жаворонков и др. М.: Изд-во «КМК», 2000. 537 с.
5. Кудрин А.В. // Междун. мед. журн. 1998. №11, 12. С. 1000-1006.
6. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш и др. М.: Медицина, 1991. 496 с.
7. О санитарно-эпидемиологической обстановке в г. Владивостоке в 2002 г.: Доклад. Владивосток: ГУ «Центр гос. санитарно-эпидемиол. надзора в г. Владивостоке», 2003. 307 с.
8. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М.: МедиаСфера, 2002. 312 с.
9. Ревич Б.А. // Вестн. Рос. АМН. 2002. №9. С. 45-49.
10. Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2000. 43 с.
11. Смоляр В.И. Гипо- и гипермикроэлементозы человека. Киев: Здоровья, 1989. 152 с.
12. Black A.P., Knight R., Batty J. et al. // BJOG: Int. J. Obstet. and Gynaecol. 2002. Vol. 109, №11. P. 1295-1297.
13. Fracek A.M., Makimaa B., Pan V. et al. // Assoc. Amer. Geogr. 88th Annu. Meet, San Diego, Calif., Apr. 18-22, 1992: Abstr. - Washington (D.C.), 1992. P. 75.
14. Rivai I.F. // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. 2001. Vol. 66, №4. P. 443-448.
15. Wilhelm M., Idel H. // Zentralbl. Hyg. und Umweltmed. 1996. Vol. 198, №6. P. 485-501.

