Микроэлементы в медицине 1: 2-8

© МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В МЕДИЦИНЕ, 2000

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

МИКРОЭЛЕМЕНТОЗЫ ЧЕЛОВЕКА: ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И КОРРЕКЦИЯ

А.В. Скальный

АНО "Центр Биотической Медицины", Озерковская наб. 56, Москва 113054 Россия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроэлементозы, гиперэлементозы, свинцовое загрязнение, йоддефицитные заболевания, коррекция МТОЗов.

РЕЗЮМЕ: Обзор проблем гигиенической диагностики и коррекции микроэлементозов человека. Описаны основные группы микроэлементов и микроэлементозов, охарактеризовано взаимодействие основных элементов при их одновременном потреблении и усвояемость каждого из них в желудочно-кишечном тракте. Даны сведения о методах количественного анализа макро- и микроэлементов в биосубстратах человека. Наиболее распространенными гипоэлементозами являются цинк-, медь- и железодефицитные состояния; из гиперэлементозов наиболее обычен избыток свинца. Описаны параметры йоддефицитных состояний. Охарактеризована система мероприятий, направленных на оптимизацию микроэлементного баланса у населения.

Стабильность химического состава организма является одним из важнейших и обязательных условий его нормального функционирования. Соответственно, отклонения в содержании химических элементов, вызванные экологическими, профессиональными, климатогеографическими факторами или заболеваниями приводят к широкому спектру нарушений в состоянии здоровья. Поэтому выявление и оценка отклонений в обмене макро- и микроэлементов, а также их коррекция являются перспективным направлением современной медицины, позволяющим подойти к решению ряда теоретических и, особенно, практических вопросов, существенно влияющих на показатели здоровья населения регионов России, резко отличающихся по уровню экономического и социального развития, климатогеографическими, биогеохимическим условиям (Авцын и др., 1991; Захарченко и др., 1997; Агаджанян и др., 1998; Кудрин и др., 2000; и проч.). Высокий динамизм социально-экономических, экологических условий жизни населения, огромное разнообразие новых фармакологических и парафармакологических средств, продуктов питания, обрушившееся на жителей России в последнее десятилетие, несомненно, привели к значительным сдвигам в их элементном «портрете».

Все минеральные элементы делят на три группы в соответствии с их содержанием в организме: макроэлементы, микроэлементы (МЭ) и ультрамикроэлементы (табл.1).

Микроэлементы (МЭ) — это группа химических элементов, которые содержатся в тканях человека и животных в очень малых количествах, в пределах 10^{-3}-10^{-12} %. МЭ — это не случайные ингредиенты тканей и жидкостей живых организмов, а компоненты закономерно существующей очень древней и сложной физиологической системы, участвующей в

Таблица 1.

Среднее содержание минеральных элементов в организме млекопитающих.

Порядок содержания	Концентрация в % к массе тела	Элементы	Группа
п.10^{0}	1-9	Ca	Макроэлементы
п.10^{-2}	0,1-0,9	P K, №, S, C1	
п.10^{-3}	0,01-0,09	Mg	
п.10^{0}	0,001-0,009	Fe, Zn, F, Sr, Mo, Cu	Микроэлементы
п.10^{-2}	0,0001-0,0009	Br, Si, Cs, J, Mn, Al, Pb, Cd, B, Rb	
п.10^{-3}	0,00001-0,00009		
п.10^{0} и ниже	0,000001-0,000009	Se, Co, V, Cr, As, Ni, Li, Ba, H, Ag, Sn, Be, Ga, Ge, Hg, Sc, Zr, Bi, Sb, U, Th, Rh	Ультрамикроэлементы

Примечание: Перечислены элементы, содержание которых в организме определено количественно.

Таблица 2.
Суточная потребность в элементах взрослого человека.

Элемент	Суточная потребность в мг
K	1850-5500
Na	1100-3300
Ca	800-1200
P	800-1200
Mg	350-400
Fe	Мужчины — 10, женщины — 18
Zn	15
Mn	2,5-5
Cu	2-3
Mo	0,15-0,5
Cr	0,05-0,2
Se	0,05-0,2
I	0,15

Таблица 3.
Взаимодействие элементов.

Элемент	Приводит к дефициту
Hg	Se
As	Se
Cd	Se, Zn
Ca	Zn, P
Fe	Cu, Zn
Mn	Mg, Cu
Mo	Cu
Zn	Cu, Fe
Pb	Ca, Zn
Cu	Zn, Mo

регулировании жизненных функций организмов на всех стадиях развития.

В настоящее время выделены две группы микроэлементов. Во-первых, это эссенциальные МЭ, являющиеся незаменимыми нутриентами. К ним относятся: Fe, Cu, Zn, Cr, Se, Mo, J, Co. Кроме этих девяти МЭ, еще 8 элементов относятся к условно эссенциальным: As, B, Br, F, Li, Ni, Si, V. Элемент считается эссенциальным, если при его отсутствии или недостаточном поступлении организм перестает расти и развиваться, не может осуществить свой биологический цикл, в частности, не способен к репродукции. Введение недостающего элемента устраняет признаки его дефицита и возвращает организму его жизнеспособность.

Вторую значительную группу элементов составляют токсичные МЭ. Если при гипомикроэлементозах—заболеваниях, вызываемых дефицитом эссенциальных МЭ, возникают болезни недостаточности, то при самых разнообразных формах контакта организмов с токсичными МЭ возникает синдром интоксикаций — токсикопатий.

Таблица 4.
Усваиваемость элементов.

Элемент	Усваиваемость %
Na	90-95
Cl	95-100
K	90-95
Mo	70-80 или меньше
Se	50-80 меньше или больше
P	60-70
Ca	25-40
Zn	20-40 или больше
Mg	30-35 или больше
Cu	10-30 или меньше
Fe	7-15
Mn	3-5
Cr	0,5-1

Сложность проблемы состоит в том, что сами эссенциальные МЭ при определенных условиях могут вызывать токсические реакции, а отдельные токсические МЭ при определенной дозировке и экспозиции могут обнаруживать свойства эссенциальных МЭ, т.е. оказываться полезными и даже жизненно важными.

Поэтому при приеме препаратов минералов и микроэлементов очень важно знать суточную потребность человека в них (табл. 2), а также взаимодействие основных элементов при их одновременном потреблении (табл. 3) и усвояемость каждого из них в желудочно-кишечном тракте (табл. 4).

Для определения уровней содержания различных макро- и микроэлементов в организме человека приняты методы количественного анализа этих элементов в биосубстратах человека. Процедура количественого выделения элементов из всех типов биологических проб (за исключением рентгенофлуоресцентного метода in vivo), как правило, выполняется методом “мокрого озоления” (в растворе азотной или азотной+хлорной кислоты) в открытой посуде или под давлением (в автоклавах, тефлоновых бомбах, установках микроволнового разложения). Широко используются методы пламенной и атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС), отличающиеся высокой чувствительностью и возможностью определения очень низких концентраций микроэлементов в биосубстратах. Эти методы, как правило, используются при анализе цельной крови и мочи. В последнее время получили широкое распространение и считаются весьма эффективными

Таблица 5.
Рабочая классификация микроэлементозов человека (по: Авцын и др., 1991).

МТОЗы	Основные формы заболеваний	каткая характеристика
Природные эндогенные	1. Врожденные 2. Наследственные	При врожденных микроэлементозах в основе заболевания может лежать микроэлементоз матери. При наследственных микроэлементозах недостаточность, избыток или дисбаланс МЭ вызываются патологией хромосом или генов
Природные экзогенные	1. Вызванные дефицитом МЭ 2. Вызванные избытком МЭ 3. Вызванные дисбалансом МЭ	Природные, т.е. не связанные с деятельностью человека и приуроченные к определенным географическим локусам эндемические заболевания людей, нередко сопровождающиеся теми или иными патологическими признаками у животных и растений
Техногенные	1. Промышленные (профессиональные) 2. Соседские 3. Трансгрессивные	Связанные с производственной деятельностью человека болезни и синдромы, вызванные избытком определенных МЭ и их соединений непосредственно в зоне самого производства; по соседству с производством; в значительном отдалении от производства за счет воздушного или водного переноса МЭ
Ятрогенные	1. Вызванные дефицитом МЭ 2. Вызванные избытком МЭ 3. Вызванные дисбалансом МЭ	Быстро увеличивающееся число заболеваний и синдромов, связанных с интенсивным лечением разных болезней препаратами, содержащими МЭ а также с поддерживающей терапией (например, с полным парентеральным питанием) и с некоторыми лечебными процедурами — диализом, не обеспечивающим организм необходимым уровнем жизненно важных МЭ.

методы определения элементов в органах и биосредах человека с помощью атомной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) и масс-спектроскопии (ИСП-МС), которые позволяют в одной пробе одновременно определить 20 и более макро- и микроэлементов, что очень важно при оценке взаимодействия и взаимовлияния одних элементов с другими в организме человека. Так, на базе ЦБМ проводится аналитическое определение элементного состава волос и ногтей, которое коррелирует с уровнем загрязнения окружающей среды, может отражать профессиональные заболевания, помогает диагностировать ряд болезней и дать прогнозную оценку возможности их возникновения.

Понятие микроэлементоза сформулировано (Авцын и др., 1991) как патология человека и животных, обусловленная дефицитом жизненно-необходимых (эссенциальных) элементов, избытком как эссенциальных, так и токсических МЭ, а также дисбалансом макро- и микроэлементов (табл. 5).

Наиболее распространенными гипомикроэлементозами являются цинк-, медь- и железодефицитное состояния. Низкий уровень Zn в волосах, признанный в качестве индикатора дефицита Zn, встречается в России в среднем у 20-40% детей, тогда как низкий уровень Fe и Cu — в 6-22% случаев.

По данным специалистов Автономной Некоммерческой организации «Центр Биотической медицины» (ЦБМ), наиболее распространенными гиперэлементозами в индустриальных районах России является избыток свинца (превышение биологически допустимого уровня (БДУ) в волосах в среднем от 20% до более чем 30% среди детей дошкольного возраста в городах Южного Урала (Златоуст, Карабаш, Челябинск), Королев (Московская обл.), в меньшей степени Mn, As, Hg, Cd (превышение БДУ в 1-10% случаев). а также превышение фоновых значений по таким элементам как Fe, Zn, Al, Cu, Cr в 10-30% случаев.

Формирование свинцового загрязнения окружающей среды городов происходит в результате деятельности промышленных предприятий и автомобильного транспорта, использующего этилированный бензин. По данным Ю.Е. Сает и др. (1990) в городах машиностроительного типа содержание Pb в волосах детей в 13% случаев было превышающим БДУ, тогда как в чистом районе превышение было отмечено только у 6,6% детей. При этом отмечено, что средние содержание Pb в волосах детей рабочих в среднем в 1,8 раза больше, чем у детей административного персонала. В зоне максимального воздействия выбросов медеплавильного комбината избыток Pb обнаружен в 64% случаев.

Среди взрослого населения элементозы являются также довольно распространенным явлением. Так, в частности, при обследование работников (320 человек) агрегатного завода АО “КАМАЗ” (Набережные Челны, Татарстан), который является в целом благополучным в плане охраны труда работающих, выявлена типичная для России ситуация с распространенностью элементозов.

Для работников современных предприятий характерна частота избытка элементов в пределах от 2 до 19% (в среднем 9%), тогда как частота дефицитов каждого из элементов колеблется от 0,7 до 27,6% в среднем 17%.

В свое время ВОЗ определила ряд параметров, по которым следует оценивать состояние йоддефицит-

Таблица 6.

Эпидемиологические критерии оценки степени тяжести иоддефицитных состояний.

КРИТЕРИИ	ПОПУЛЯЦИЯ	СТЕПЕНЬ ТЯЖЕСТИ ЙДЗ		
		ЛЕГКАЯ	СРЕДНЯЯ	ТЯЖЕЛАЯ
ЧАСТОТА ЗОБА (%) (по данным пальпации)*	школьники	5,0-19,9%	20,0-29,9%	> 30,0%
ЧАСТОТА ЗОБА (%) увеличение объема железы (по данным УЗИ)	школьники	5,0- 19,9%	20,0-29,9%	> 30,0%
КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОДА В МОЧЕ, (медиана, мкг/л)	школьники	50-99	20-49	<20
ЧАСТОТА УРОВНЯ ТТГ 5 мЕ/л при неонаталыюм скрининге	новорожденные	3,0 - 19,9%	20,0-39,9%	> 40,0%
УРОВЕНЬ ТИРЕОГЛОБУЛИНА (медиана, нг/мл)	дети, взрослые	10,0- 19,9	20,0- 39,9	>40,0

для оценки степени зоба используется классификация ВОЗ (1994).

Таблица 7.

Распространенность эндемического зоба и уровень концентрации иода в моче у детей 7-14 лет, прожи-вающих в разных регионах России.

РЕГИОНЫ	Кол-во обслед-ных	Частота зоба в % (УЗИ)	Концентрация йода в моче (медиана мкг/л)	Степень тяжести ЙДЗ
МОСКВА	1680	9,6-11,8	44-87	Л
МОСКОВСКАЯ ОБЛ.	4732	12,3-29	25--83	Л-С
ТАМБОВСКАЯ ОБЛ.	740	18,8-29,6	52-59	с
ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛ.	1456	16,2-40	30-58	с
ТУЛЬСКАЯ ОБЛ.	6870	15,3-29,6	48-64	л-с
ОРЛОВСКАЯ ОБЛ.	955	20-45	40-84	л-с
БРЯНСКАЯ ОБЛ.	5058	12-30	69-84	л-с
КАЛУЖСКАЯ ОБЛ.	6202	10-30	54-89	л-с
ТВЕРСКАЯ ОБЛ.	231	12-23	57	л-с
БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ.	400	НД	48-80	л-с
ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ.	250		42-58	л-с
ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. (г. Санкт-Петербург)	187	8,5-21	69-75	л
АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ.	124	3-25	30-74	л-с
КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ (г Красноярск)			69	л
РЕСПУБЛИКА ТЫВА	220	45-80	16	т
НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ.	546	16-34	68-85	л-с
СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ	184		64-78	л-с
ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ.	334	12,9-34	30-68	л-с
ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ.	1000	НД	82	л
УДМУРТИЯ	5600	16-48	64-86	л-с
РЕСП. САХА-ЯКУТИЯ	5440	17-39	23-52	с
ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ.	4300	12-37	30-52	с
Ханты-Мансийский округ	730	37-39	28- 67	с

Степень тяжести ЙДЗ: Л — легкая, С — средняя, Т — тяжелая (по: Дедов и др., 1999).

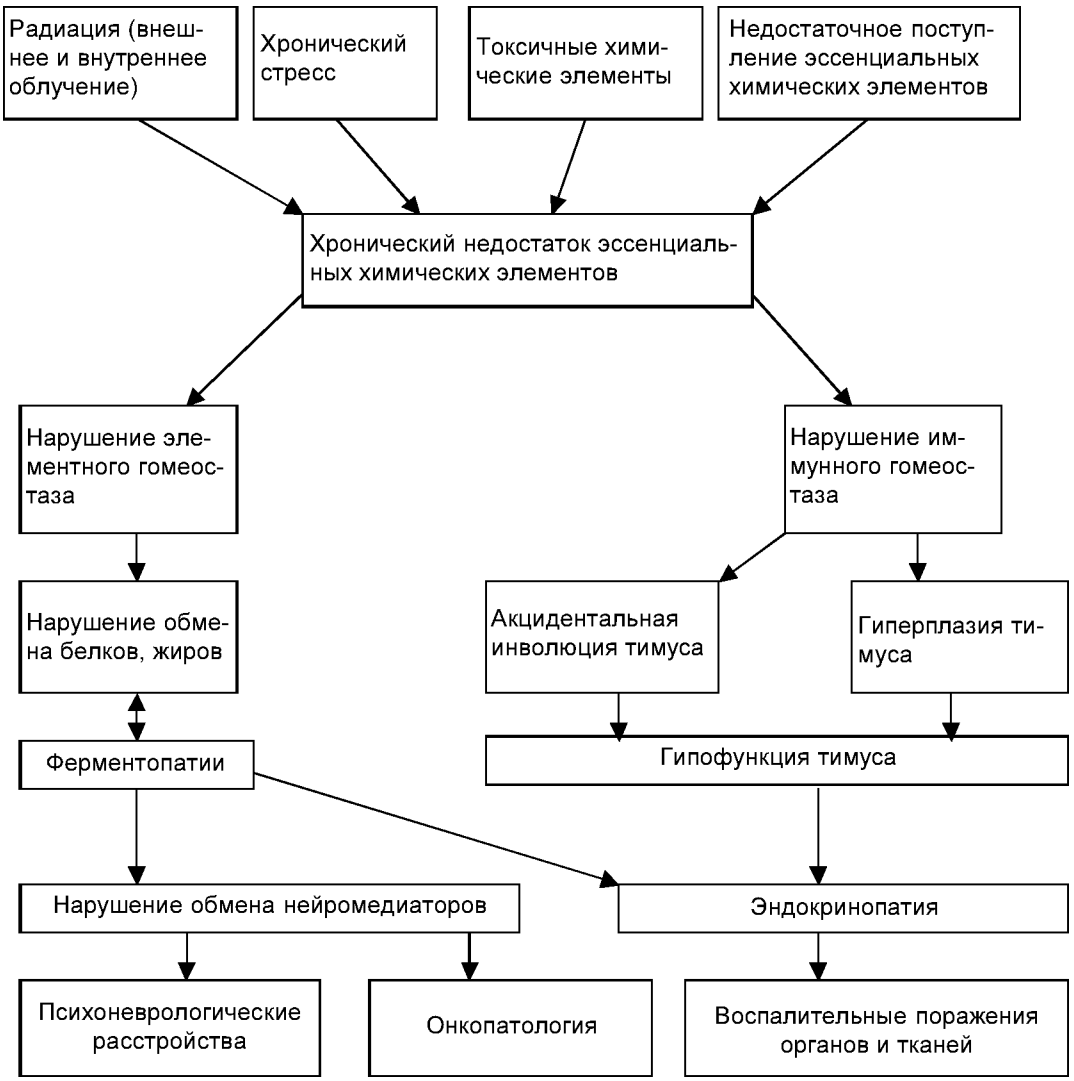

РИС.1. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ (по: Скальный, Кудрин, 2000).

ных заболеваний (ЙДЗ). Они включают: распространенность зоба в популяции, уровень экскреции йода с мочой, уровень ТТГ у новорожденных, уровень тиреоглобулина в крови. Определение только одного индикатора не позволяет достоверно оценить состояние ЙДЗ. Чтобы судить о тяжести ЙДЗ целесообразно оценивать как минимум два параметра с обязательным определением распространенности зоба (пальпация/УЗИ) и концентрации йода в моче.

В районах, свободных от дефицита йода, частота зоба не должна превышать 5 %, показатели экскреции йода с мочой должны быть выше 100 мкг/л и частота уровня ТТГ в крови более 5 мЕ/мл у новорожденных при проведении скрининга неонатального гипотиреоза не должна превышать 3% (табл. 6).

По данным проведенных исследований, распространенность эндемического зоба у детей и подростков в центральной части России составила 15-25%, а по отдельным регионам — еще выше (до 40%) (табл. 7). Наиболее неблагоприятная обстановка сложилась в сельских районах. В Тамбовской и Воронежской областях, ранее не считавшихся эндемичными, частота зоба у школьников достигала 15-40%. При этом отмечалось 2-3-кратное снижение выделения йода с мочой — важного критерия степени обеспеченности детей данным микроэлементом. Выраженный йодный дефицит обнаружен на обширных территориях Западной (Тюменская область) и Восточной Сибири (Красноярский край, Якутия).

Следует отметить, что ряд областей России (Брянская, Тульская, Калужская, Орловская), пострадавшие при аварии на Чернобыльской АЭС, являются эндемичными по зобу. Дефицит йода обусловил повышенное накопление радиоактивного йода в щитовидной железе у значительного числа жителей (особенно детей) вскоре после аварии и ныне является фактором повышенного риска развития онкологических заболеваний (рис. 1).

РИС.2. СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО БАЛАНСА У НАСЕЛЕНИЯ.

Таким образом , микроэлементозы представляют в современной России проблему национального масштаба, причем в большей степени среди населения распространены дефициты макро- и микроэлементов. В целом около 2/3 взрослых и 3/4 детей в могут быть отнесены в группы риска по гипоэлементозам, т.е. дефициту от одного до нескольких важнейших макро- и микроэлементов одновременно.

Около 1/3 населения в той или иной степени подвержено гиперэлементозам (избыточное накопление одного или нескольких элементов в организме), а в индустриальных районах и, особенно, зонах экологического бедствия этот показатель может достигать 90 % среди детского и взрослого (по отдельным профессиональным группам) населения (г.Пласт, Челябинскаяобласть).

В направлении оптимизации микроэлементного баланса у населения целесообразна этапная система мероприятий (см. рис. 2).

На первом этапе путем рандомизированного определения МЭ в различных субстратах (почва, вода, воздух, кровь, волосы) определяется тип биогеохимической техногенной провинции, формируются группы поовышенного риска по микроэлементозам среди обследованных, делаются выводы о реальной распространенности микроэлементозов на территориях.

В случае выявления гиперэлементозов назначаются курсы препаратов, обеспечивающих выведение токсичных МЭ: сорбенты (альгинат, гумет-Р, маринил, полисорб, пищевые волокна, бетаин, ВЕМ, тиосульфат натрия и др.). Применение этих средств способствует нормализации внутриклеточного баланса нутриентов и энергетики клеток.

Наконец, на третьем этапе применяются курсы поли- и моноэлементных препаратов (эндур-VM, Витрум, цинкас, асмаг, био-медь, био-марганец, биокалий, био-магний, био-цинк, олигогал-Se и ряд других). Эти препараты восстанавливают баланс эссенциальных МЭ после прекращения элиминации токсичных МЭ и ксенобиотиков. Данная система мероприятий может быть эффективной как в случае мономикроэлементозов (йод-, селен-, железодефицитные состояния), так и полимикроэлементозов (сочетанный дефицит эссенциальных и избытка токсичных МЭ). Внедрение подобной системы в России необходимо, т.к. подобные мероприятия, к сожалению, никогда не приводились, а уровень заболеваемости микроэлементозами растет. Таким образом, концепция стабилизации здоровья населения России не может рассматриваться без глубоко разработанных программ по коррекции микроэлементного статуса населения.

Для восполнения дефицита йода могут использоваться различные препараты. До недавнего времени наиболее распространенным в России был препарат Антиструмин (Украина), содержащий 1000 мкг йода. В настоящее время также могут быть рекомендованы препараты йодида калия, содержащие до 200 мкг йода, т.е. суточную потребность. Наиболее распространенным является Калия Йодид 200 Берлин Хеми, который рекомендуется для контролируемой коррекции и устранения дефицита йода у детей, беременных и кормящих женщин, т.е. проведения индивидуальной и групповой профилактики и лечения. Для популяционной профилактики наиболее эффективно использование йодированной соли и обогащенных йодом продуктов питания, БАД.

Как правило, клинические признаки микроэлементного дефицита указывают на конечную стадию процесса. Коррекция дефицитного состояния полноценна, если на этом фоне достигается восстановление функций органов и тканей. Такая задача идеальна, но одновременно трудна. Применение микроэлементных экологопротекторов (например, препаратов Гумет-Р, био-цинк, био-медь, био-марганец и др., и некоторых др.) с профилактической целью позволяют скорректировать отклонения в минеральном обмене на начальных этапах и, тем самым,

предупредить развитие болезней, вызываемых, как правило, неблагоприятными экологическими факторам, недостаточным поступлением МЭ в организм человека.

Оценить отклонения и нарушения в минеральном обмене, даже в том случае, если клинические проявления той или иной патологии выражены слабо, можно путем количественного и неинвазивного определения МЭ в волосах,с помощью современных, аналитических методов (атомная эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной аргоновой плазмой) в Центре Биотической Медицины.

За 12-летний период (1988-2000 гг.) специалистами Центра Биотической Медицины собран обширный материал по содержанию токсичных химических элементов в биосубстратах человека и окружающей среде и оценке риска воздействия свинца, кадмия, других тяжелых металлов и мышьяка на здоровье различных возрастных и профессиональных групп населения из различных регионов, республик бывшего Советского Союза и России. Всего в рамках договорных работ было обследовано около 10000 детей и взрослых (работники промышленных заводов, цехов, дети детских садов из промышленных регионов и т.д.). Кроме того, в поликлинических условиях было проведено обследование более 50 000 частных лиц из разных республик бывшего СССР и регионов России; по этой группе пациентов имеются данные по химическому составу биосубстратов человека (10-25 и более элементов в волосах, ногтях, цельной и сыворотке крови, моче и др.).

Собраны также обширные данные по содержанию тяжелых металлов в почвах, питьевой воде и продуктах питания из районов исследования. Этот уникальный материал составляет банк данных ЦБМ.

Изданы монографии «Иммунофармакология микроэлементов» (Кудрин и др., 2000), «Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет» (Скальный, Кудрин, 2000), составлен раздел «Микроэлементозы человека: диагностика и лечение», (Москва, 1999; см. тж. Скальный, 1999) в пособии для врачей «Микроэлементозы у детей (распространенность и пути коррекции», утвержденном МЗ РФ (08.06.1999), подготовлена книга «Микроэлементы в практическом здравоохранении», задачник по медицинской экологии для студентов медВУЗов.

Все эти данные диктуют необходимость повышения обеспеченности населения России, особенно детского и контингентов работников промышленности, препаратами, восполняющими дефицит макро- и микроэлементов и устраняющими их избыток.

Предлагаемые к массовому внедрению средства коррекции являются легко усвояемыми соединениями макро- и микроэлементов, относящихся к биологически активным добавкам к пище (БАД). Макро- и микроэлементы являются катализаторами основных биохимических процессов в организме человека и широко применяются в медицине для повышения выносливости, работоспособности, сопротивляемости организма инфекциям, повышения адаптационных возможностей организма.

Для снижения сезонной заболеваемости на 30-50% (простудные, воспалительные заболевания) в больших коллективах (работники предприятий, учащиеся, спортивные команды) достаточно однократного ежедневного приема 1 таблетки БАД в течение 3-6 месяцев.

Для реализации данного проекта — массового производства препаратов макро- и микроэлементов общеукрепляющего действия для населения — в настоящее время усилиями АНО «ЦБМ» созданы все необходимые предпосылки: имеется производственная база, расположенная на предприятиях ВПК, препараты сертифицированы, проведены все необходимые научные изыскания и клиническое изучение эффективности препаратов для массового оздоровления больших контингентов.

Литература

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. 1991. Микроэлементозы человека. М.: Медицина. 496 с.

Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бобков Г.А. 1998. Экологическая физиология человека. М.: Крук. 416 с.

Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Шабров А.В. 1997. Диагностика в профидактической медицине. СПб: МФИН. 516 с.

Кудрин А.В., Скальный А.В., Жаворонков А.А., Скальная М.Г., Громова О.А. 2000. Иммунофармакология микроэлементов. М.: изд-во КМК. 537 с.

Сает Ю.Е., Ревич Б.А. и др. 1990. Геохимия окружающей среды. М.: Недра. 335 с.

Скальный А.В. 1999. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). М.: изд-во КМК. 96 с.

Скальный А.В., Кудрин А.В. 2000. Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет. М.: Лир Макет. 427 с.

Представленные материалы легли в основу информационного письма Госсанэпиднадзора Минздрава РФ.