

# ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ШКОЛЬНИКОВ АТОМНО-ЭМИССИОННЫМ МЕТОДОМ

И. В. Дребенкова, В.А. Зайцев, А. Г. Романюк<sup>1</sup>

*РУП «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>1</sup> – *ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь*

**Резюме:** Методом атомно-эмиссионной спектроскопии проведены исследования микроэлементов в образцах детских волос. Обоснован выбор микроволнового способа пробоподготовки образцов биосубстратов. Показана актуальность проблемы высокой частоты недостатка цинка, железа, селена и кобальта для школьников г. Минска.

**Ключевые слова:** микроэлементы, волосы, пробоподготовка, атомно-эмиссионная спектроскопия

**Summary:** Using atomic emission spectrometry method micronutrients is carried out in schoolchildren hair. The choice of microwave method of biological substrates preparation is grounded. The urgency of the problem of the high lack of zinc, iron, selenium and cobalt for schoolchildren in Minsk is shown.

**Keywords:** micronutrients, hair, sample preparations, atomic emission spectrometry.

**Введение.** Минеральные вещества принадлежат к числу незаменимых пищевых факторов, не обладающих пищевой ценностью, но участвующих во всех важнейших биохимических и физиологических процессах, лежащих в основе жизнедеятельности организма. Обязательным условием обеспечения здоровья и работоспособности человека является поступление необходимого

количества эссенциальных и адекватного содержания условно-эссенциальных и токсичных элементов. Общеизвестна взаимосвязь между неадекватной обеспеченностью организма человека макро- и микроэлементами или их дисбалансом и патогенезом различных заболеваний, характером их течения, клиническим прогнозом [1, 2].

В силу существующих анатомо-физиологических особенностей детский организм в большей мере подвержен риску дисбаланса минеральных элементов. Дети более чувствительны к воздействию неблагоприятных экзо- и эндогенных факторов, поэтому элементный дисбаланс может вызвать значительные изменения в состоянии здоровья детей школьного возраста.

В последнее годы наблюдается уменьшение числа здоровых детей и рост как функциональной патологии, так и хронических болезней среди детского населения [3].

Исследование содержания микроэлементов в волосах школьников позволит диагностировать процессы, годами протекающие в организме, так как содержание микроэлементов в волосах является интегральным показателем минерального обмена. В связи с вышеизложенным данная работа имеет важное медицинское и профилактическое значение.

**Материалы и методы.** Одним из более атравматичных и информативных субстратов, который целесообразно использовать для целей гигиенической донозологической диагностики, являются волосы, элементный анализ которых позволяет с высокой степенью надежности изучить динамику изменения баланса микроэлементов в организме у школьников в условиях учреждений общего среднего образования.

Материалом для исследований являлись образцы волос, отобранные у 131 учащегося пятых и sixth классов гимназий г. Минска. Оценка содержания микроэлементов в биосубстратах проведена на примере цинка (Zn), железа (Fe), меди (Cu), селена (Se) и кобальта (Co).

Содержание микроэлементов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon, Япония-Франция). Этот метод широко используется для определения содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах и основан на их окислительно-кислотной «мокрой» минерализации и последующем атомно-эмиссионном анализе. Преимуществами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, незаменимыми при анализе биологических проб, являются многоэлементность, низкие пределы обнаружения, непродолжительное время анализа и малый объем анализируемых проб.

Микроэлементы определяли с использованием следующих длин волн, нм:

Fe – 259,94; Cu – 324,754; Zn – 213,856; Se – 196,0; Co – 228,616.

Статистическая обработка результатов проводили при помощи прикладной программы Microsoft Excel XP.

**Результаты и обсуждение.** Для перевода химического элемента, каждый атом которого находится в волосах в виде комплексного соединения с органической матрицей, в необходимую для анализа растворимую форму, эти комплексы необходимо минерализовать.

Для сопоставимости данных строгое выполнение требований метрологии наряду с выбором оптимального метода анализа носит первостепенное значение. Стадия разложения пробы, входящая в методику анализа, в метрологическом плане является определяющей. Некорректное проведение этой стадии может сделать бессмысленным использование высокоточных методов, поскольку в этом случае даже самое тщательное измерение аналитического сигнала не дает правильной информации о содержании определяемого элемента. В связи с этим обстоятельством проведен подбор оптимального метода пробоподготовки образцов волос с целью последующего атомно-эмиссионного анализа минерализованного образца.

Минерализацию проводили двумя способами: микроволновым в закрытых сосудах с использованием микроволнового минерализатора Mars 5 (SEM Corporation, США) и открытым с использованием блок-термостата STUART SBH 200D.

Метод открытого разложения основан на окислительно-кислотной «мокрой» минерализации проб исследуемых биосубстратов с применением в качестве окислителя концентрированной азотной кислоты в количестве 5 мл. Для усиления полноты озоления предложено проводить минерализацию с добавлением в окислительную смесь 1 мл концентрированной перекиси водорода и выдерживая при температуре 115°C в течение 60 мин.

При использовании микроволновой минерализации 0,5 г волос вносили в закрытые фторопластовые сосуды, добавляли 8 мл концентрированной азотной кислоты и 2 мл концентрированной перекиси водорода, выдерживали 30 минут, затем минерализовали при следующих условиях: максимальная мощность – 1600 W; % мощности – 80; время подъема давления – 2 мин., давление – 150 psi; температура – 210 °C; время выдержки при заданных параметрах – 10 мин. Полученные минерализаты охлаждали и доводили до объема 25мл бидистиллированной водой.

В минерализованных образцах определяли содержание алюминия, кальция, хрома, меди, железа, магния, марганца, никеля, фосфора, цинка.

Результаты измерения содержания элементов в образцах волос при использовании разных способов пробоподготовки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание элементов в образцах волос при использовании разных способов пробоподготовки

Микроэлемент	Обнаружение элемента при пробоподготовке, мкг/г		Сходимость, %
	Открытая система	Микроволновая	
Al	19,6±1,1	21,6±0,9	9,7
Ca	1318±50	1358±39	3,0
Cr	6,95±0,84	7,46±0,67	7,1
Cu	28,9±1,9	31,1±1,8	7,3
Fe	150±7	155±5	3,3
Mg	236±10	241±7	2,1
Mn	3,38±0,28	3,66±0,14	9,8
Ni	5,13±0,14	5,5±0,10	7,0
P	151±36	164±12	8,3
Zn	172±12	175±10	1,7

Как следует из таблицы 1, сходимость результатов обоих способов пробоподготовки удовлетворяет требованиям, предъявляемым к методам определения, однако использование микроволновой минерализации в закрытых сосудах имеет следующие преимущества перед открытой минерализацией: значительное сокращение времени разложения, а также устранение риска потери следовых элементов в виде легколетучих молекулярных соединений. Поэтому предпочтение было отдано микроволновому способу минерализации образцов биосубстратов.

Результаты определения уровня обеспеченности организма необходимыми микроэлементами у исследуемых детей в начале учебного года представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов (мкг/г) в волосах у школьников в начале года

Микро-элемент	Среднее значение (M±m)	Медиана	Диапазон значений	Перцентиль (25%-75%)	Референсные величины [2]
Zn	162,347±4,503	157,229	61,036–434,889	131,234–186,718	124–320
Cu	13,819±0,690	11,927	5,798–72,261	9,625–15,346	6,8–39
Fe	25,492±6,146	17,979	7,168–	14,345–	13–177

			131,127	20,341	
Se	0,285±0,0008	0,304	0,036– 0,472	0,238–0,333	0,5–1,5
Co	0,024±0,002	0,18	0,001– 0,148	0,012–0,026	0,05–0,5

В результате анализа данных показано, что обеспеченность детского организма микроэлементами на начало учебного года была следующей: у 19,1 % обследованных зарегистрирован недостаток цинка, у 15,3 % – железа.

Содержание кобальта в волосах головы у обследованных школьников составляло 0,024 мкг/г волос, в то время как референсные величины находятся в диапазоне 0,05–0,5 мкг/г. Средняя величина содержания селена в образцах волос школьников была 0,285 мкг/г, что также значительно ниже референсных значений. Кроме того, 25%–75%-перцентильный диапазон находится ниже минимального значения референсной величины.

Результаты определения уровня обеспеченности учащихся исследуемыми микроэлементами в конце учебного года представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание микроэлементов (мкг/г) в волосах школьников в конце учебного года

Микроэлемент	Среднее значение (M±m)	Медиана	Диапазон значений	Перцентиль (25%-75%)	Референсные величины [2]
Zn	143,902±3,575	148,626	98,410– 182,160	113,434– 171,936	124,0–320,0
Cu	10,788±0,208	11,040	7,116– 13,560	9,737–12,032	6,8–39,0
Fe	16,803±0,382	16,843	8,621– 21,842	14,658– 19,576	13,0–177,0
Se	0,347±0,0025	0,354	0,025–0,824	0,231–0,472	0,5–1,5
Co	0,045±0,004	0,039	0,009–0,195	0,023–0,052	0,05–0,5

Анализ результатов исследования показывает (табл. 3), что содержание кобальта в волосах у обследованных школьников в конце учебного года по сравнению с началом увеличивается в 2 раза и составляет 0,045 мкг/г волос, однако остаются меньше нижней границы референсных величин.

Средняя величина содержания селена в образцах волос головы школьников увеличивается с 0,285 мкг/г в начале до 0,347 мкг/г в конце учебного года, но несмотря на это, полученные результаты значительно ниже референсных значений. Кроме того, 25%–75%-перцентильный диапазон и в начале и в конце учебного года находятся ниже минимального значения

референсной величины, т.е. обеспеченность селеном школьников исследуемых учреждений образования ниже оптимального уровня.

Установлено, что количество обследованных детей, имеющих содержание элементов в волосах ниже минимальных референсных значений, составляло, %: цинк – 37,7; железо – 21,7; селен – 78,3; кобальт – 75,4.

В динамике учебного года наблюдалось снижение содержания в биосубстратах таких микроэлементов как цинк, медь и железо, незначительное для первых двух элементов и в 1,5 раза в отношении железа.

**Выводы.** Таким образом, для школьников обоего пола пятых и шестых классов гимназий г. Минска является актуальной проблема недостатка цинка, железа, кобальта и селена. Нарушение минерального гомеостаза этих микроэлементов создает предпосылки для развития возможной патологии сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата, а также приводит к напряжению и трудностям в обучении. Полученные результаты вызывают необходимость продолжения исследований и разработки коррекции микроэлементного дисбаланса.

### Литература

1. Орбелис, Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Орбелис, Б. Хараланд, А. Скальный. – СПб.: Наука, 2008. 544 с.
2. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. – М.: Мир, 2004.
3. Бейер Л.В. Факторы местного иммунитета гастродуоденальной системы и кишечника у здоровых детей Текст. / Л.В. Бейер, В.Г. Дорофейчук, Н.И. Толкачева // Педиатрия. 1993. – № 1. – С. 4–7.