

# СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ И ВОЛОСАХ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ИХ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ

## CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN BLOOD AND HAIR WITH DETERMINATION OF THEIR DIAGNOSTIC SIGNIFICANCE IN PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE

*И. Д. Пашковская<sup>1</sup>, Н. И. Нечипуренко<sup>1</sup>, А. П. Зажогин<sup>2</sup>, Т. А. Прокопенко<sup>1</sup>  
I. D. Pashkouskaya<sup>1</sup>, N. I. Nechipurenko<sup>1</sup>, A. P. Zajogin<sup>2</sup>, T. A. Prokopenko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Государственное учреждение  
«Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

г. Минск, Республика Беларусь,

*irenapass@mail.ru*

<sup>1</sup>Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery,

<sup>2</sup>Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

Исследование макро-, микроэлементов в крови и волосах выполнено у 91 пациента с ишемическим инсультом и у 24 практически здоровых лиц, результаты которых приняты за норму. Установлено, что при ишемическом инсульте в цельной крови пациентов снижены концентрации магния, железа, меди, лития и алюминия, в волосах выявлено уменьшение уровней кальция, магния, железа, меди и цинка по сравнению со здоровыми лицами. Показано, что кальций, магний, цинк и железо в волосах обладают высокими диагностическими чувствительностью, специфичностью и эффективностью (более 60%) при ишемическом инсульте и они могут использоваться в качестве дополнительных информативных химических маркеров данной патологии.

The study of macro-and microelements in the blood and hair was carried out in 91 patients with ischemic stroke and 24 practically healthy persons, the results of which were taken as normal. It was found that in the blood of patients with ischemic stroke, the concentrations of magnesium, iron, copper, lithium, and aluminum are reduced, and a decrease in the levels of calcium, magnesium, iron, copper, and zinc in the hair was revealed. It has been shown that calcium, magnesium, zinc, and iron in hair have high diagnostic sensitivity, specificity, and efficiency (more than 60%) in ischemic stroke and they can be used as additional informative chemical markers of this pathology.

*Ключевые слова:* химические элементы, кровь, волосы, ишемический инсульт, диагностическая значимость.

*Keywords:* chemical elements, blood, hair, ischemic stroke, diagnostic significance.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-83-86>

### Введение

Микроэлементы участвуют в формировании каталитических центров и стабилизации регуляторных сайтов в составе более чем 1000 различных ферментов нервной и глиальной тканей, что обеспечивает поддержание разнообразных энергетических процессов. Они задействованы в работе большинства медиаторных систем головного мозга: серотонинергической, ГАМК- и дофаминергической, ацетилхолинергической. Нарушенный минеральный обмен играет существенную роль как в патогенезе нервных болезней, так и в изменении фармакокинетического ответа на воздействие вазоактивных препаратов, ноотропов, нейропротекторов и других лекарственных средств, что необходимо учитывать при назначении лечения больным с острыми и хроническими нарушениями церебрального кровообращения [1]. Изменения в минеральном обмене оказывают влияние на течение и скорость многих биохимических реакций и, прежде всего, на биосинтез и функциональную активность антиоксидантных ферментов, нуклеиновых кислот, белков, характер реакций перекисного окисления липидов мембран клеток нервной ткани и эндотелия. Нарушенный обмен эссенциальных химических элементов в организме может способствовать усугублению энергетического и трофического дефицита, падению пластического потенциала клеток, изменять регуляцию сосудистого тонуса, процессы внутриклеточной передачи сигнала, что в свою очередь, влияет на течение и исход ишемических повреждений мозга [2].

### Цель

Изучить концентрацию макро- и микроэлементов в крови и волосах у пациентов с острой ишемией головного мозга с определением их диагностической значимости.

## Материал и методы исследования

У 91 пациента с острой ишемией головного мозга, средний возраст которых составил  $68,2 \pm 11,6$  года, госпитализированных в неврологическое отделение УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» г. Минска, взята венозная кровь, а у 49 пациентов – образцы волос для исследования концентраций кальция, магния, железа, меди, цинка, алюминия и лития. Патогенетический вариант ишемического инсульта (ИИ) устанавливали согласно международным критериям TOAST. Верификацию диагноза проводили с помощью компьютерной (КТ) томографии головного мозга. По отдельным этиопатогенетическим подтипам ИИ пациенты разделились следующим образом: у 46 человек диагностирован гемодинамический вариант ИИ, 15 – кардиоэмболический, 16 – атеротромботический и 14 пациентов – лакунарный инфаркт мозга. Критериями исключения служили указания на наличие инсульта в анамнезе, интоксикаций различного генеза, сопутствующей патологии в виде острого инфаркта миокарда и пневмонии, тяжелой печеночной и почечной недостаточности.

Для сравнения использовали концентрации микроэлементов в крови и волосах 24 практически здоровых добровольцев, не связанных с профессиональной деятельностью, способной оказывать влияние на элементный состав в организме, в возрасте  $62,1 \pm 12,7$  лет ( $p > 0,05$  относительно возраста пациентов).

Пробы цельной крови брали из кубитальной вены в пробирки с гепарином. Образцы волос срезали с затылочной части головы, где их рост наиболее интенсивен. Волосы максимальной длины срезали от корней. Навеска волос для анализа составляла 150–200 мг и помещалась в маркированные бумажные пакеты.

Количественное содержание макро- и микроэлементов в волосах и цельной крови определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии на установке ЭМАС-200М. Регистрацию спектров проводили в двух спектральных диапазонах в зависимости от определяемых элементов: 302–336 и 458–492 нм. Для проведения анализов использовали угольные электроды диаметром 6 мм марки ОСЧ-7-3 со сферическим углублением на торце. Анализируемые растворы минерализованных волос в количестве 25 мкл наносили в углубление электрода и высушивали до сухого состояния под излучением ИК-лампы в течение 30–40 мин. Подготовленные пробы сжигали в дуге переменного тока [3].

Статистическую обработку полученных результатов в исследуемых группах проводили на основе пакета STATISTICA 10. При сравнении данных двух независимых групп использовали критерий Манна-Уитни. Статистически значимыми принимали различия при  $p < 0,05$ . Для установления диагностической значимости биохимических показателей определяли их диагностическую чувствительность (ДЧ), специфичность (ДС) и эффективность (ДЭ), используя четырехпольные таблицы.

## Результаты исследования и их обсуждение

В таблице 1 представлены сравнительный анализ концентраций макро- и микроэлементов в крови у здоровых лиц (норма) и пациентов с ИИ на 1-е – 3-и сутки от начала заболевания.

Таблица 1 – Содержание макро- и микроэлементов в крови у здоровых лиц и пациентов с ИИ

Химический элемент, ммоль/л	Здоровые лица, n=23	Пациенты с ИИ, n=91	Статистическая значимость различий
кальций	7,4 (5,6–14,9)	5,4 (2,7–11,5)	U=773, p=0,053
магний	3,9 (1,8–27,2)	3,1 (0,6–7,4)	U=732, p=0,027
железо	5,2 (4,1–8,1)	3,2 (2,2–5,4)	U=618, p=0,003
медь	0,2 (0,02–0,6)	0,03 (0,01–0,1)	U=669,5, p=0,008
цинк	0,4 (0,02–12,5)	0,1 (0,02–0,91)	U=926, p=0,397
алюминий	1,0 (0,7–1,6)	0,4 (0,07–1,0)	U=499, p=0,0001
литий	0,8 (0,02–3,2)	0,001 (0,0002–0,01)	U=184, p=0,0002

В цельной крови пациентов установлено статистически значимое снижение концентраций практически всех изученных эссенциальных химических элементов: магния ( $p=0,027$ ), железа ( $p=0,003$ ), меди ( $p=0,008$ ), лития ( $p=0,0002$ ) и условно-токсичного алюминия ( $p=0,0001$ ) по сравнению со здоровыми лицами. Уменьшение содержания магния может свидетельствовать о нарушении проницаемости клеточных мембран, приводящее к снижению синтеза и деградации многочисленных нейромедиаторов, к сдвигам в трансмембранном транспорте ионов и снижению энергетического потенциала клеток, усугубляемых активацией реакций перекисного окисления липидов [1]. Снижение концентрации железа и меди являются факторами, повреждающими антиокислительную систему и увеличивающими агрессивное действие окислителей на ткани нервной системы. Недостаток лития способен усиливать глутаматную эксайтотоксичность, приводящую к ускорению развития ишемического и дегенеративного процессов в нервной ткани в дальнейшем.

В таблице 2 проанализированы концентрации химических элементов в волосах пациентов с ИИ в сравнении с данными здоровых добровольцев.

В волосах пациентов установлено статистически значимое снижение концентраций кальция ( $p=0,031$ ), магния ( $p=0,00002$ ), железа ( $p=0,00002$ ), меди ( $p=0,048$ ) и цинка ( $p=0,003$ ) по сравнению со здоровыми лицами, что свидетельствует о формировании недостаточности этих микроэлементов в организме в целом, которая способствует нарушению протекания многих биохимических и физиологических реакций при ишемическом

повреждении головного мозга. Установлено статистически значимое однонаправленное снижение суммарного уровня магния и меди в волосах и крови, что свидетельствует о развитии дефицита этих эссенциальных элементов в организме. Показано достоверное уменьшение содержания кальция и железа в волосах при сохранении их концентраций на субнормальных или сниженных уровнях в крови, свидетельствующие о напряженности обмена данных элементов в организме и их усиленном использовании в отдельных звеньях патогенетической структуры ИИ. Оценка содержания лития в волосах не информативна, в цельной крови выявлено его достоверное снижение у пациентов с ИИ.

Таблица 2 – Содержание макро- и микроэлементов в волосах у здоровых лиц и пациентов с ИИ

Химический элемент, мкг/100 г	Здоровые лица, n=17	Пациенты с ИИ, n=49	Статистическая значимость различий
кальций	82 767 (14 942–122 448)	21 726 (13 003–36 003)	U=137,5, p=0,031
магний	18 329 (7016–33169)	1 250 (53–2 400)	U=10, p=0,000002
железо	2483 (1741–11223)	435 (339–693)	U=10, p=0,000002
медь	15,60 (14,30–493)	13,80 (4,30–30,90)	U=146,5, p=0,048
цинк	3 656 (2 567–5 334)	154 (79–2176)	U=96, p=0,003
алюминий	733 (463–895)	1 100 (58–3050)	U=197, p=0,337

Изучение содержания микроэлементов в волосах и крови показало, что уровни цинка и меди и их соотношения уменьшаются в популяции у лиц, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия) [4]. В ряде работ выявлена корреляционная зависимость между проявлениями атеросклеротической патологии и пониженным содержанием цинка в волосах у пациентов с хронической ишемией мозга, что позволяет отнести выраженный дефицит цинка в крови и волосах к раннему диагностическому критерию атеросклеротических процессов в организме и соответственно маркеру развития острого нарушения мозгового кровообращения [5].

Мы предположили, что некоторые химические элементы, исследуемые в крови и волосах у пациентов с ИИ могут служить биомаркерами при этом патологическом состоянии. Чтобы это выяснить, определяли критерии диагностической значимости ряда макро- и микроэлементов у пациентов с ИИ на момент их поступления в стационар.

Результат определения критериев диагностической значимости изученных макро- и микроэлементов в крови при ИИ представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Критерии диагностической значимости макро- и микроэлементов в крови и волосах у пациентов с ИИ

Химический элемент	ДЧ, %		ДС, %		ДЭ, %	
	кровь	волосы	кровь	волосы	кровь	волосы
кальций	82,6	90,2	24,4	62,5	59,6	86,4
магний	82,8	90,7	24,0	100	57,0	91,5
железо	86,6	90,7	33,3	100	68,4	91,5
медь	86,0	83,9	37,9	17,8	74,6	52,5
цинк	47,9	90,0	53,9	55,6	41,6	84,7
алюминий	88,6	57,9	40,0	58,1	73,7	37,4
литий	98,2	–	23,0	–	64,1	–

Установлено, что макроэлементы – кальций и магний в крови обладают высокой ДЧ (82,6% и 82,8% соответственно), но низкой ДС и ДЭ (менее 60%); микроэлементы – железо, медь, алюминий и литий в крови имеют высокие ДЧ (86,6, 86,0, 88,6 и 98,2% соответственно) и ДЭ (68,4, 74,6, 73,7 и 64,1% соответственно) при незначительной ДС, что указывает на высокую вероятность уменьшения их концентраций при развитии ИИ (таблица 3). Однако низкая ДС не позволяет с большой долей вероятности исключить ИИ. Следовательно, микроэлементы – железо, медь, алюминий и литий в крови являются информативными чувствительными, но недостаточно специфичными факторами развития ИИ.

Показано, что кальций, магний и железо в волосах обладают высокими ДЧ, ДС и ДЭ (более 60%) и их концентрация была значимо ниже при ИИ, чем у здоровых добровольцев. Микроэлемент цинк в волосах имеет высокие ДЧ и ДЭ. Следовательно, такие показатели, как содержание кальция, магния, железа и цинка в волосах могут использоваться в качестве дополнительных высоко информативных химических маркеров ИИ.

### Заключение

Таким образом, у пациентов с ИИ установлено статистически значимое снижение в цельной крови концентраций магния на 21%, железа – на 39%, меди – на 85%, алюминия – на 60% и лития – на 99,9%. В то же время

в волосах данных пациентов обнаружено уменьшение концентраций кальция на 74%, магния – на 93%, железа – на 82,5%, меди – на 12%, цинка на 96% по сравнению с показателями здоровых людей. Получены объективные подтверждения возможности использования в качестве биомаркеров развития ИИ снижение концентраций кальция, магния, железа и цинка в волосах. Дополнительно можно использовать при диагностике острых нарушений мозгового кровообращения результаты содержания в крови железа, меди, алюминия и лития, обладающих высокими показателями ДЧ и ДЭ. Полученные данные позволяют более точно установить степень выраженности микроэлементных нарушений у пациентов с ишемическим инсультом и обосновывают целесообразность назначения дополнительных лекарственных препаратов для коррекции минерального обмена при данной патологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Громова, О. А. Нейротрофическая система мозга: нейропептиды, макро- и микроэлементы, нейротрофические препараты / О.А. Громова // Международный неврологический журнал. 2007;2:94–104.
2. Содержание микроэлементов, состояние антиоксидантной системы в крови и показатели микрогемодинамики при экспериментальной ишемии головного мозга и ишемическом инсульте у больных / Н.И. Нечипуренко, И.Д. Пашковская, Л.А. Василевская, Г.Т. Маслова, Т.В. Грибоедова // Закономерности развития патологических состояний и их коррекция : материалы международной конференции, 27–28 октября 2009 г. / В.С.Улащик и В.А.Кульчицкий (ред.). – Минск, 2009. – С. 167–171.
3. Количественный экспресс-анализ некоторых биоэлементов / А.П. Зажогин [и др.] // Вестник БГУ. Серия 1. 2001;2:3–7.
4. Studies of five microelement contents in human serum, hair, and fingernails correlated with aged hypertension and coronary heart disease / Tang YR [et al.] // Biological Trace Elements Research. 2003;92(2):97–104.
5. Бережная, С. В. Изменения содержания химических элементов в волосах больных хронической ишемией головного мозга / С.В. Бережная, Э.З. Якупов, Ю.А. Захаров // Земский врач. 2013;2:29–33.

### ДИСБАЛАНС МИКРОЭЛЕМЕНТОВ СЕЛЕНА И ЙОДА ПРИ ПЕРВИЧНЫХ ПРИЗНАКАХ АУТОИММУННОГО ТИРОИДИТА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ИЗ ВИТЕБСКОЙ И МИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

#### IODINE AND SELENIUM STATUS IN SCHOOL-AGE CHILDREN FROM VITEBSK AND MINSK REGIONS HAVING SONOGRAPHIC EVIDENCE OF AUTOIMMUNE THYROIDITIS

**С. В. Петренко<sup>1</sup>, А. Н. Батян<sup>1</sup>, Б. Ю. Леушев<sup>1</sup>,  
Ю. В. Жильцова<sup>1</sup>, Т. С. Опанасенко<sup>1</sup>, М. С. Петренко<sup>2</sup>**

**S. Petrenko<sup>1</sup>, A. Batyan<sup>1</sup>, B. Leushev<sup>1</sup>, Ju. Zhiltsova<sup>1</sup>, T. Opanasenko<sup>1</sup>, M. Petrenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Гимназия № 3», г. Минск, Республика Беларусь  
petrenko51@yahoo.com

<sup>1</sup>Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Gymnasium #3, Minsk, Republic of Belarus

У детей с сонографическими признаками АИТ из Витебской и Минской областей установлено сниженное содержание как йода, так и селена в организме, в отличие от здоровых детей. У здоровых детей содержание йода в организме составило 193,7 – 203,5 мкг/л, а у детей с АИТ – 98,7 – 101,3 мкг/л. Содержание селена в волосах составило у здоровых детей 0,38 – 0,58 мкг/кг, а у детей с АИТ – 0,14–0,18 мкг/кг. У здоровых детей содержание селена, так же, как и йода находится в нормативных пределах. У детей с сонографическими признаками АИТ, установлен выраженный йодно-селеновый дефицит, который может быть одной из причин снижения уровня антиоксидантной защиты организма и одним из ведущих факторов ответственных за формирование АИТ в различных регионах Беларуси.

Children with sonographic evidence of autoimmune thyroiditis living in Vitebsk and Minsk regions demonstrate decreased concentration of iodine and selenium in the body as compared to healthy children. Iodine concentration in healthy children is 193.7 – 203.5 µg/L, and in children having AIT – 98.7 -101.3 µg/L. Selenium concentration in the hair of healthy children is 0.38 – 0.58 µg/kg, and in children having AIT – 0.14 – 0.18 µg/kg. Healthy children demonstrate normal range of selenium and iodine concentration. Children with sonographic evidence of AIT demonstrate prominent iodine-selenium deficiency which is likely decrease the level of antioxidant protection of the body and could result in AIT development in children from different regions of Belarus.