

КОРЧИНА Татьяна Яковлевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры анестезиологии-реаниматологии, скорой медицинской помощи и клинической токсикологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии. Автор 154 научных публикаций, в т. ч. 8 монографий, 9 учебных пособий

КОРЧИН Владимир Иванович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии. Автор 263 научных публикаций, в т. ч. 10 монографий, 8 учебных пособий

ЛУБЯКО Елена Александровна, аспирант кафедры медицинской и биологической химии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии. Автор 12 научных публикаций

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА У ЛИЦ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ, ПРОЖИВАЮЩИХ В СЕВЕРНОМ РЕГИОНЕ (на примере г. Ханты-Мансийска)

В данной статье представлены результаты изучения элементного статуса взрослого некоренного населения, проживающего в Северном регионе России: 72 пациента с метаболическим синдромом (МС) и 54 без метаболического синдрома. Все обследованные лица являлись пациентами Окружной клинической больницы г. Ханты-Мансийска. В волосах пациентов определяли содержание 25 химических элементов методами атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ИСП-МС и ИСП-АЭС). У пациентов с МС выявлено достоверное превышение концентрации Cd ($p = 0,028$) и Na ($p = 0,049$) в волосах на фоне выраженного ухудшения обеспеченности организма Cr ($p = 0,009$), Mg ($p = 0,006$), Se ($p < 0,001$) и Zn ($p = 0,007$) сравнительно с группой контроля. Установлено, что Cr, Mg и Zn принимают активное участие в регуляции углеводно-липидного обмена. Наряду с мощным антиоксидантом Se Cr и Zn входят в состав антиоксидантных ферментов (хром- и цинкзависимых супероксиддисмутаз), токсичный микроэлемент Cd принимает участие в блокаде SH-групп белков и вытеснении Zn и других биоэлементов из их соединений, а избыточное накопление Na способствует нарушению водного обмена и задержке жидкости в организме. Итак, нарушение обмена макро- и микроэлементов в организме человека может быть одним из пусковых механизмов патологических расстройств и заболеваний, в т. ч. метаболического синдрома. В этой связи оценка биоэлементного статуса организма человека дает возможность судить об эффективности работы его физиологических систем и риске развития заболеваний, что позволяет использовать ее в качестве средства донозологической диагностики. Кроме того,

своевременная коррекция нарушений обмена макро- и микроэлементов может явиться одним из вариантов патогенетического лечения и профилактики как МС, так и связанных с ним заболеваний: дислипидемии, сахарного диабета II типа, гипертонической болезни и др.

Ключевые слова: элементный статус, элементный состав волос, метаболический синдром, Северный регион.

По данным ВОЗ, около 30 % жителей планеты (16,8 % женщин, 14,9 % мужчин) страдают избыточной массой тела. Численность людей, страдающих ожирением, прогрессивно увеличивается каждые 10 лет на 10 %. У лиц с ожирением вероятность развития артериальной гипертензии (АГ) на 50 % выше, чем у лиц с нормальной массой тела. Согласно результатам Фрамингемского исследования, ожирение действительно является достоверным и независимым прогностическим фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) у мужчин и женщин. Частое сочетание висцерального ожирения, нарушений углеводного, липидного обменов и артериальной гипертензии (АГ), а также наличие тесной патофизиологической связи между ними послужили основанием для выделения их в самостоятельный синдром – метаболический. С одной стороны, это состояние является обратимым, т. к. при соответствующем лечении можно добиться исчезновения или снижения выраженности основных его проявлений, а с другой – оно предшествует возникновению таких болезней, как сахарный диабет (СД) II типа и атеросклероз [1; 2, с. 24].

Жизнь живого организма без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможна. Согласно современным представлениям, процесс функционирования и адаптации организма к условиям среды обитания в наибольшей степени определяется биохимическими факторами, обеспечением человека необходимыми питательными веществами, включая макро- и микроэлементы. Биоэлементы являются важнейшими катализаторами различных биохимических реакций, неперенными и независимыми участниками процессов роста

и развития организма, обмена веществ, адаптации к меняющимся условиям окружающей среды [3; 4, с. 7–12]. Биоэлементы поступают с пищей, водой и воздухом, усваиваются организмом и распределяются в его тканях, активно функционируют, выполняют роль строительного материала и роль участников и регуляторов биохимических процессов в этих тканях, взаимодействуют друг с другом, деполаризуются и, в конечном итоге, выводятся из организма. Накопились убедительные данные в пользу того, что элементный состав волос наиболее объективно (в сравнении с другими биосубстратами) отражает элементный статус организма в целом [4, с. 22; 5, с. 80].

Оценка состояния обмена химических элементов в организме позволяет с достаточной точностью судить об эффективности работы его морфофизиологических систем и риске развития тех или иных патологических состояний, что дает возможность использовать такую оценку в качестве средств донозологической диагностики [6]. Определение содержания химических элементов в диагностических биосубстратах также позволяет проводить оценку уровня функциональных резервов индивида [7, 8].

В настоящее время получены многочисленные дополнительные научные данные, подтверждающие взаимосвязь между неадекватной обеспеченностью организма человека макро- и микроэлементами и возникновением различных заболеваний, в т. ч. связанных с метаболическими нарушениями [9, с. 57; 10, с. 183–187; 11; 12, с. 49]. Поэтому первичный скрининг, направленный на выявление нарушений обмена макро- и микроэлементов, и их медикаментозная коррекция должны стать концептуальным направлением современной медицины.

Цель нашего исследования – изучение элементного статуса у лиц с МС, проживающих в северном регионе.

Материалы и методы. Проведено исследование биообразцов 126 чел. из числа взрослого некоренного населения г. Ханты-Мансийска. Все обследованные лица являлись пациентами Окружной клинической больницы г. Ханты-Мансийска. Из них 52 чел. (41,2 %) – мужчины и 74 (58,7 %) – женщины. Средний возраст – $40,8 \pm 4,2$ года. Согласно критериям диагностики МС Всероссийского научного общества кардиологов (2009 год), выделена группа пациентов с МС (72 чел.): 30 (41,7 %) мужчин и 42 (58,3 %) женщины [1]. Основным критерием отбора в данную группу являлось наличие у пациента центрального ожирения: обхват талии (ОТ) > 94 см у мужчин и > 80 см у женщин. Два дополнительных критерия: 1) гликемия натощак $\geq 6,1$ ммоль/л; 2) триглицериды $\geq 1,7$ ммоль/л; 3) концентрация липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) < 1,2 ммоль/л у женщин; 4) АД $\geq 130/95$ мм рт. ст. В соответствии со ст. 30–34, 61 «Основ законодательства РФ об охране здоровья граждан» от 22.07.1993 года № 5487-1, ст. 18, 20–22, 28, 41 Конституции РФ все обследуемые лица давали информационное добровольное согласие на выполнение диагностических исследований и в соответствии с требованиями ст. 9 Федерального закона от 27.07.2006 года «О персональных данных» №152-ФЗ – на обработку персональных данных.

Для изучения элементного статуса организма в качестве биосубстратов использовали образцы волос. Определение элементного состава волос проводилось методами атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (ИСП-МС и ИСП-АЭС) на приборах Optima 200DV и ELAN 9000 (Perkin Elmer, США) в Центре биотической медицины (Москва) по методике, утвержденной МЗ РФ. Пробоподготовку и анализ образцов проводили в соответствии с требованиями МАГАТЭ, методическими рекомендациями МЗ СССР и ФЦГСЭН МЗ РФ [13]. В качестве стандартно-

го образца волос использовали образец волос производства Шанхайского института ядерной физики АН КНР (Shanghai Institute of Nuclear Research Academia Sinica, China, P.O. Box 8204, Shanghai 201849). Показатели концентрации химических элементов в волосах сравнивали с референтными значениями, используемыми в качестве нормативов в ЦБМ [14]. Ниже в таблицах приведены химические элементы, в содержании которых были выявлены достоверные межгрупповые различия.

Вместе с тем трактовка результатов многоэлементного анализа как индивидуальных, так и групповых исследований представляет определенные трудности в связи с непараметрическим характером распределения результатов исследования. Поэтому в качестве дополнительных описательных характеристик использовали величины медиан (Me), 25 и 75 % – центильные значения.

Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением общепринятых методик при помощи приложения «Exel» из программного пакета «Office XP» и «Statistica 7.0», включая определение средней арифметической (M), стандартной ошибки (m), медианы (Me), 25 и 75 перцентилей, оценку достоверности по Манну-Уитни, используемую при непараметрическом распределении изучаемых параметров. За достоверные принимали различия при значениях $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Как известно, функциональные резервы организма представляют собой совокупность количественных и качественных интегральных характеристик основных физиологических систем. Нарушения в каком-либо звене метаболизма, будучи факторами внутренней среды организма, влияют на его функциональное состояние, характер адаптации аналогично действующим факторам внешней среды.

Концентрация химических элементов в волосах обследуемых лиц обеих групп находилась в диапазоне физиологически допустимых значений для здоровых лиц соответствующего возраста [14]. При сравнении концентрации

в волосах химических элементов у лиц, страдающих МС, по сравнению с лицами без него статистически значимые различия были выявлены нами в отношении 6 химических элементов: хрома (Cr), кадмия (Cd), магния (Mg), натрия (Na), селена (Se) и цинка (Zn) (табл. 1).

в регуляции углеводного обмена и уровня глюкозы в крови, поскольку Cr является компонентом низкомолекулярного органического комплекса – «фактора толерантности к глюкозе» (Glucose Tolerance Factor, GTF). Хром нормализует проницаемость клеточных мембран для

Таблица 1

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС ПАЦИЕНТОВ ОКРУЖНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ г. ХАНТЫ-МАНСИЙСКА (МКГ/Г)

Показатель	Пациенты с МС (n = 72)			Пациенты без МС (n = 54)			Значимость различий (p)
	M±m	Me	25↔75	M±m	Me	25↔75	
Cr	0,35±0,03	0,36	0,22↔0,58	0,49±0,04	0,42	0,31↔0,62	p = 0,009
Cd	0,033±0,004	0,03	0,02↔0,05	0,022±0,002	0,021	0,015↔0,042	p = 0,028
Mg	78,7±13,5	62,4	32,6↔128	135±14,9	119	92,1↔269	p = 0,006
Na	498±80,5	275	138↔672	279±68,3	196	141↔512	p = 0,049
Se	0,32±0,02	0,27	0,01↔0,79	0,56±0,03	0,49	0,11↔0,97	p < 0,001
Zn	162±10,6	160	63,4↔213	206±11,8	194	70,5↔368	p = 0,007

В табл. 2 показано, как были распределены обследованные нами лица по степени обеспеченности изучаемыми химическими элементами.

Обнаружена достоверно более высокая концентрация Cr (p = 0,009) у лиц с МС сравнительно с пациентами 2-й группы. Важнейшая биологическая роль микроэлемента Cr состоит

глюкозы, процессы использования ее клетками и депонирования и в этом плане функционирует совместно с инсулином.

Предполагают, что они образуют комплекс, регулирующий уровень глюкозы в крови. Недостаток Cr формирует диабет II типа. Хром влияет на липидный профиль сыворотки крови, на массу тела и количество жира в организме [15].

Таблица 2

СТРУКТУРА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ОРГАНИЗМОВ ПАЦИЕНТОВ ОКРУЖНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ г. ХАНТЫ-МАНСИЙСКА, %

Показатель	Пациенты с МС/без МС (n = 72/54)				
	лица с нормальной концентрацией	лица с дефицитом 1-2 степ.	лица с дефицитом 3-4 степ.	лица с избытком 1-2 степ.	лица с избытком 3-4 степ.
Cr	76,4/87,0	19,4/13,0	–	4,2/–	–
Cd	94,5/100	–	–	5,5/–	–
Mg	42,6/51,9	25,9/16,6	14,8/7,4	16,7/24,1	–
Na	61,1/70,4	4,2/9,2	–	27,8/14,8	6,9/5,6
Se	40,3/53,7	30,6/27,8	29,1/18,5	–	–
Zn	55,6/66,7	20,8/11,1	6,9/–	16,7/22,2	–

Примечание: процентное соотношение концентрации химического элемента у обследованных лиц с МС к лицам без МС.

Вместе с инсулином Сг действует как регулятор уровня сахара в крови, обеспечивает нормальную активность инсулина. Дефицит Сг проявляется в виде устойчивости к инсулину и связан с «синдромом Х» (МС), поскольку обнаружено, что Сг снижает резистентность к инсулину. Сг способен влиять на гомеостаз сывороточного холестерина и предупреждать тенденцию к его увеличению с возрастом. Влияние Сг на липидный обмен также опосредуется его регулирующим действием на функционирование инсулина. В этой связи он имеет большое значение для профилактики сахарного диабета и сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, Сг обладает антиоксидантной активностью, являясь составной частью антиоксидантного фермента хромзависимой оксиддисмутазы [10, с. 231–232; 16, с. 84].

Концентрация токсического химического элемента Сd также оказалась достоверно ($p = 0,028$) более высокой в группе лиц с МС. Кадмий относится к токсичным микроэлементам, являясь основным из поллютантов окружающей среды. Накапливаясь внутриклеточно, Сd связывается с ядерным и цитоплазматическим материалом. Биологический эффект основывается на блокаде SH-групп белков и вытеснении Zn и других биоэлементов из их соединений [10, с. 353–354; 17].

Выявлено достоверное уменьшение концентрации Mg ($p = 0,006$) в волосах пациентов с МС: его содержание практически в два раза было выше у пациентов без МС. Известно более 300 ферментов, работа которых зависит от Mg. Нормальный уровень Mg в организме признан основополагающей константой, контролирующей здоровье человека. В течение последних 30 лет, как считают многие зарубежные исследователи, частота магнидефицитных состояний у населения значительно возросла [18]. Известно, что на фоне дефицита Mg в некоторых группах населения повышается риск инфарктов миокарда, инсультов, внезапной смерти [19]. Считается, что современная западная диета обеднена Mg. При этом Mg играет важную роль в углеводно-липидном об-

мене: является необходимым кофактором для лецитин-холестерол-ацетилтрансферазы и липопротеиновой липазы, которые снижают уровень триглицеридов (ТГ) и повышают уровень липопротеидов высокой плотности (ЛПВП). Кроме того, в исследованиях показано участие внутриклеточного Mg в процессах модуляции активности инсулина у больных СД II типа [20]. Установлено, что $Mg^{2+} + АТФ$ -аза контролирует биосинтез холестерина [21]. У больных СД II типа одновременное введение глюкозы и дексаметазона вызывает снижение Mg в мышцах и повышение уровня Na [22]. Результаты наших исследований полностью согласуются с данными о том, что у пациентов с МС отмечено снижение уровня Mg в биологических средах по сравнению с группой контроля [20, 23].

Существенные различия были обнаружены нами в отношении эссенциального макроэлемента Na, концентрация которого также была достоверно ($p = 0,049$) выше у обследованных лиц с МС. Натрий – основной внеклеточный элемент, в виде катиона Na^{+} участвует в поддержании гомеостаза (ионное равновесие, осмотическое давление в жидкостях организма), играет весьма важную роль в регуляции осмотического давления и водного обмена. Установлено, что при понижении количества Na в сыровотке крови уменьшается объем жидкости во внеклеточном пространстве, а при повышенном, соответственно, повышается. В организме человека натрий выполняет «внеклеточные» функции, среди которых: поддержание осмотического давления и pH-среды; формирование потенциала действия путем обмена с ионами калия; транспорт углекислого газа; гидратация белков; солюбилизация органических кислот [10, с. 288].

Наиболее значимые достоверные ($p < 0,001$) различия между обследованными группами взрослых жителей г. Ханты-Мансийска были выявлены в отношении главного микроэлемента антиоксидантной защиты организма человека – селена. Селен входит в структуру важнейших антиоксидантных ферментов селензависимых глутатионпероксидаз I, II, III

и фосфолипидгидропероксид-глутатионпероксидазы (ФП-ГПО). Оба фермента глутатионзависимы и расщепляют агрессивные и токсичные продукты свободнорадикального и перекисного окисления – перекись водорода и токсичные гидропероксиды ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. Селен защищает организм от накопления продуктов перекисного окисления липидов, нормализует состояние ядерного аппарата клетки, предупреждает повреждение хромосомного аппарата, стимулирует функцию рибосом и, соответственно, синтез белка [24, с. 94]. Результаты исследований, проводившихся в районах с низким потреблением Se, свидетельствуют о высоком риске сердечно-сосудистых заболеваний, особенно если селенодефицит сочетается с дефицитом витамина E. Селенодефицит ускоряет развитие атеросклероза, ишемической болезни сердца (ИБС) повышает вероятность возникновения инфаркта миокарда. У людей с дефицитом Se отмечается низкая продолжительность жизни из-за преждевременного старения. Это особенно актуально для северных высоких широт.

Значительные различия выявлены нами при сравнении обеспеченности двух групп обследованных лиц эссенциальным микроэлементом Zn. Средние показатели жизненно важного химического элемента Zn в волосах лиц с МС как по величине среднего арифметического, так и по значению медианы находились ближе к нижней границе физиологической нормы и были достоверно ($p = 0,007$) ниже соответствующих величин у лиц группы контроля (*табл. 1*). Важнейшее значение Zn для жизнедеятельности организма человека обусловлено широким спектром его влияния. Он обнаружен в составе более 80 ферментов, участвует в регуляции активности более 200 ферментных систем и сотен биологически активных веществ в организме человека, которые определяют течение различных метаболических процессов, включая синтез и распад углеводов, жиров, белков, нуклеиновых кислот [5, с. 60–61].

Наряду с витаминами-антиоксидантами и селеном Zn является сильным антиоксидантом, входит в активный центр фермента цинкзависимой супероксиддисмутазы. Zn играет роль в метаболизме глюкозы, влияя на синтез инсулина в β -клетках поджелудочной железы. Известно, что Zn входит в состав инсулина. У больных СД уровень Zn в крови снижен, повышена его экскреция с мочой, содержание Zn в клетках тоже понижено. Это приводит к уменьшению секреции инсулина поджелудочной железой и к снижению биологического эффекта инсулина на печень. Таким образом, имеется много оснований использовать препараты Zn в лечении больных СД. Установлено статистически достоверное понижение уровня Zn в сыворотке крови при ожирении, влияние Zn на высвобождение свободных жирных кислот и глюкозы в жировой ткани, а также формирование инсулинорезистентности [25].

Важно подчеркнуть обнаруженную нами достоверно более низкую обеспеченность биоэлементами, входящими в состав антиоксидантных ферментов, – Cr, Se и Zn обследованных лиц с метаболическим синдромом (см. *табл. 1*). Нарушение обмена Cr обнаружено почти у четверти пациентов с МС (избыток эссенциального микроэлемента принято трактовать как его ускоренное выведение из организма и, соответственно, стадию преддефицита), дефицит Se различной степени выраженности выявлен почти у 60 % пациентов с МС, а нарушение обмена Zn – у 44,4 % (см. *табл. 2*). Доказано, что свободные радикалы участвуют в патогенезе многих заболеваний (по данным некоторых авторов, этот перечень включает 100 различных болезней), в первую очередь сердечно-сосудистой системы. Исследованиями установлено, что на первом месте среди северной патологии стоят сердечно-сосудистые заболевания не столько как причина временной нетрудоспособности, сколько причина настоящей и будущей смертности [26]. Учитывая то обстоятельство, что предиктором развития сердечно-сосудистых заболеваний является МС, становится понятным важность сво-

временной коррекции выявленных нарушений элементного статуса при данной патологии.

Оценка состояния обмена химических элементов в организме человека позволяет с достаточной точностью судить об эффективности работы его морфологических систем и риске развития тех или иных патологических состояний, что дает возможность использовать такую оценку в качестве средств донозологической диагностики. Донозологическая диагностика имеет главной целью исследовать и оценить состояние регуляторных механизмов, «срабатывающих» на самых ранних этапах процесса перехода от здоровья к болезни, когда в организме отсутствуют выраженные функциональные и тем более структурные изменения. Именно в этот период имеются наиболее благоприятные условия для принятия профилактических мер [6, 27]. Это особенно актуально для населения северного региона, подвергающегося воздействию хронического, экологически обусловленного стресса.

Выводы. 1. У взрослых жителей северного региона, страдающих метаболическим синдромом, выявлено достоверное превышение концентрации Cd и Na в волосах на фоне выраженного ухудшения обеспеченности организма Sr, Mg, Se и Zn сравнительно с группой лиц МС.

2. Полученные данные позволяют предположить, что дисбаланс макро- и микроэлементов в организме может служить одним из пусковых механизмов дисрегуляторных патологических расстройств, ответственных за возникновение нарушений обмена и ассоциированных с ним заболеваний, в частности МС.

3. Своевременная коррекция нарушений обмена макро- и микроэлементов может рассматриваться как один из вариантов профилактики и патогенетического лечения МС и ассоциированных с ним заболеваний (сахарный диабет II типа, гипертоническая болезнь, дислипидемия и др.).

Список литературы

1. Рекомендации экспертов ВНОК по диагностике и лечению метаболического синдрома // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2009. № 6. С. 47–52.
2. Дедов И.И., Мельниченко Г.А. Ожирение. М., 2008.
3. Нотова С.В. Эколого-физиологическое обоснование методов коррекции элементного статуса и функциональных резервов организма человека: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2005.
4. Скальный А.В., Лакарова Е.В., Кузнецов В.В., Скальная М.Г. Аналитические методы в биоэлементологии. СПб., 2009.
5. Скальная М.Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. М., 2004.
6. Корчина Т.Я. Донозологическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у населения северного региона // Экология человека. 2013. № 5. С. 8–13.
7. Некрасов В.И., Скальный А.В., Дубовой Р.М. Роль микроэлементов в повышении физических резервов организма человека // Вестн. Рос. ВМА. 2006. № 1. С. 111–112.
8. Скальный А.В., Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Демидов В.А., Нотова С.В. Выявление и амбулаторная коррекция нарушений минерального обмена: метод. рек. М., 2009.
9. Агаджанян Н.А., Нотова С.В. Стресс, физиологические и экологические аспекты адаптации, пути коррекции. Оренбург, 2009.
10. Корчина Т.Я., Корчин В.И. Витамины и микроэлементы: особенности северного региона. Ханты-Мансийск, 2014.
11. Разумов А.Н., Бобривницкий И.П., Разинкин С.М. Концепция охраны здоровья здорового человека и программно-целевые подходы к ее реализации в системе здравоохранения Российской Федерации // Вестн. восстанов. медицины. 2003. № 3. С. 4–9.

12. Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. Обучающие программы РСЦ института микроэлементов ЮНЕСКО. М., 2008.
13. Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В., Маймулов В.Г., Лимин Б.В. Методика определения микроэлементов в диагностируемых субстратах атомной спектрометрией с индуктивно связанной аргоновой плазмой: метод. рек. М., 2007. 17 с.
14. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученных методом ИСП-АЭС (АНО ЦБМ) // Микроэлементы в медицине. 2003. № 4(1). С. 55–56.
15. Щербакова М.Ю., Старцева А.И., Самсыгина Г.А. Биохимические маркеры атеросклероза у детей группы высокого риска // Лечащий врач. 2004. № 2. С. 48–50.
16. Авицын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М., 1991.
17. Дударев А.А., Чупахин В.С., Мизернюк В.Н., Лебедев Г. Б., Чащин В. П. Тяжелые металлы в крови женщин коренных национальностей Крайнего Севера // Гигиена и санитария. 2010. № 4. С. 31–34.
18. Nechifor M., Porr P.J. Magnesium: Involments in Biology and Pharmacotherapy. Cluj-Napoca, 2003.
19. Rordorf G., Guanci M., Murphy J., Bodock M. Magnesium Sulfate Therapy After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage // J. Neurosurg. 2002. № 96. P. 510–514.
20. Kumeda Y., Inaba M. Metabolic Syndrome and Magnesium // Clin. Calcium. 2005. № 15(11). P. 1859–1866.
21. Olatunji L.A., Soladoye A.O. Effect of Increased Magnesium Intake on Plasma Cholesterol, Triglyceride and Oxidative Stress in Alloxan-Diabetic Rats // Afr. J. Med. Med. Sciences. 2007. № 36. P. 155–161.
22. Djurhuus M.S., Henriksen J.E., Klitgaard N.A. Magnesium, Sodium and Potassium Content and [3H] Ouabain Binding Capacity of Skeletal Muscle in Relatives of Patients with Type 2 Diabetes: Effect of Dexamethasone // Metabolism. 2002. № 51(10). P. 1331–1339.
23. Скальная М.Г. О возможной роли дисбаланса макро- и микроэлементов в патогенезе ожирения у женщин // Вестн. восстанов. медицины. 2008. № 5a(28). С. 54–57.
24. Кудрин А.В., Скальный А.В., Жаворонков А.А., Скальная М.Г., Громова О.А. Иммунофармакология микроэлементов. М., 2000.
25. Yanagisawa H. Zinc Deficiency and Clinical Practice // JMAJ. 2004. Vol. 47, № 8. P. 359–364.
26. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3–11.
27. Потолыцина Н.Н., Бойко Е.Р. Сравнительный анализ метаболического и витаминного статуса у профессиональных водителей различного автотранспорта на Европейском Севере // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биолог. науки. 2015. № 2. С. 92–98.

References

1. Rekomendatsii ekspertov VNOK po diagnostike i lecheniyu metabolicheskogo sindroma [Recommendations of Experts of Russian Scientific Society of Cardiologists on Diagnosis and Treatment of Metabolic Syndrome]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2009, no. 6, pp. 47–52.
2. Dedov I.I., Mel'nicenko G.A. *Ozhirenie* [Obesity]. Moscow, 2008.
3. Notova S.V. *Ekologo-fiziologicheskoe obosnovanie metodov korreksii elementnogo statusa i funktsional'nykh rezervov organizma cheloveka*: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk [Ecological and Physiological Substantiation of the Methods of Improving the Element Status and Functional Reserves of the Human Body: Dr. Med. Sci. Diss. Abs.]. Moscow, 2005.
4. Skal'nyy A.V., Lakarova E.V., Kuznetsov V.V., Skal'naya M.G. *Analiticheskie metody v bioelementologii* [Analytical Methods in Bioelementology]. St. Petersburg, 2009.
5. Skal'naya M.G., Notova S.V. *Makro- i mikroelementy v pitanii sovremennogo cheloveka: ekologo-fiziologicheskie i sotsial'nye aspekty* [Macro- and Micronutrients in the Modern Person's Diet: Eco-Physiological and Social Aspects]. Moscow, 2004.
6. Korchina T.Ya. Donozologicheskaya diagnostika zabolevaniy serdechno-sosudistoy sistemy u naseleniya severnogo regiona [Prenosological Diagnostics of Heart Disease in the Population of the Northern Region]. *Ekologiya cheloveka*, 2013, no. 5, pp. 8–13.

7. Nekrasov V.I., Skal'nyy A.V., Dubovoy R.M. Rol' mikroelementov v povyshenii fizicheskikh rezervov organizma cheloveka [The Role of Micronutrients in Improving the Physical Reserves of the Human Body]. *Vestnik Rossiyskoy VMA*, 2006, no. 1, pp. 111–112.
8. Skal'nyy A.V., Skal'naya M.G., Dubovoy R.M., Demidov V.A., Notova S.V. *Vyyavlenie i ambulatornaya korrektsiya narusheniy mineral'nogo obmena* [Identification and Outpatient Treatment of Mineral Metabolism Disorders]. Moscow, 2009.
9. Agadzhanian N.A., Notova S.V. *Stress, fiziologicheskie i ekologicheskie aspekty adaptatsii, puti korrektsii* [Stress, Physiological and Ecological Aspects of Adaptation, and Ways of Remediation]. Orenburg, 2009.
10. Korchina T.Ya., Korchin V.I. *Vitaminy i mikroelementy: osobennosti severnogo regiona* [Vitamins and Micronutrients: Peculiarities of the Northern Region]. Khanty-Mansiysk, 2014.
11. Razumov A.N., Bobrivnitskiy I.P., Razinkin S.M. Kontseptsiya okhrany zdorov'ya zdorovogo cheloveka i programmno-tselevye podkhody k ee realizatsii v sisteme zdavookhraneniya Rossiyskoy Federatsii [The Concept of Health Protection for Healthy People and the Target Program Approach to Its Implementation in the Healthcare System of the Russian Federation]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*, 2003, no. 3, pp. 4–9.
12. Rebrov V.G., Gromova O.A. *Vitaminy, makro- i mikroelementy. Obuchayushchie programmy RSTs instituta mikroelementov YuNESKO* [Vitamins, Trace Elements and Minerals. RIC Tutorials of the Trace Element Institute for UNESCO]. Moscow, 2008.
13. Podunova L.G., Skachkov V.B., Skal'nyy A.V., Demidov V.A., Skal'naya M.G., Serebryanskiy E.P., Grabeklis A.R., Kuznetsov V.V., Maymulov V.G., Limin B.V. *Metodika opredeleniya mikroelementov v diagnostiruemyykh substratakh atomnoy spektrometriy s induktivno svyazannoy argonovoy plazmoy* [Methods of Determining Trace Elements in Substrates Using Inductively Coupled Plasma Atomic Spectrometry]. Moscow, 2007. 17 p.
14. Skal'nyy A.V. Referentnye znacheniya kontsentratsii khimicheskikh elementov v volosakh, poluchennykh metodom ISP-AES (ANO TsBM) [Reference Values of the Concentration of Chemical Elements in the Hair, Obtained Using the Method of ICP-AES (Center for Biotic Medicine)]. *Mikroelementy v meditsine*, 2003, no. 4(1), pp. 55–56.
15. Shcherbakova M.Yu., Startseva A.I., Samsygina G.A. Biokhimicheskie markery ateroskleroza u detey gruppy vysokogo riska [Biochemical Markers of Atherosclerosis in High-Risk Children]. *Lechashchiy vrach*, 2004, no. 2, pp. 48–50.
16. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Trace Element Deficiency in Humans: Etiology, Classification, Organic Pathology]. Moscow, 1991.
17. Dudarev A.A., Chupakhin V.S., Mizernyuk V.N., Lebedev G.B., Chashchin V.P. Tyazhelye metally v krovi zhenshchin korennykh natsional'nostey Kraynego Severa [Blood Heavy Metals in Women of Indigenous Ethnic Groups in the Far North]. *Gigiena i sanitariya*, 2010, no. 4, pp. 31–34.
18. Nechifor M., Porr P.J. *Magnesium: Involvements in Biology and Pharmacotherapy*. Cluj-Napoca, 2003.
19. Veina R.S., Seyfried D., Burke D.G., Zimmerman C., Mlynarek M., Nichols V., Marrocco A., Thomas A.J., Mitsias P.D., Malik G.M. Magnesium Sulfate Therapy After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *J. Neurosurg.*, 2002, vol. 96, no. 3, pp. 510–514.
20. Kumeda Y., Inaba M. Metabolic Syndrome and Magnesium. *Clin. Calcium*, 2005, vol. 15, no. 11, pp. 1859–1866.
21. Olatunji L.A., Soladoye A.O. Effect of Increased Magnesium Intake on Plasma Cholesterol, Triglyceride and Oxidative Stress in Alloxan-Diabetic Rats. *Afr. J. Med. Med. Sci.*, 2007, vol. 36, no. 2, pp. 155–161.
22. Djurhuus M.S., Henriksen J.E., Klitgaard N.A. Magnesium, Sodium, and Potassium Content and [3H] ouabain Binding Capacity of Skeletal Muscle in Relatives of Patients with Type 2 Diabetes: Effect of Dexamethasone. *Metabolism*, 2002, vol. 51, no. 10, pp. 1331–1339.
23. Skal'naya M.G. O vozmozhnoy roli disbalansa makro- i mikroelementov v patogeneze ozhireniya u zhenshchin [On the Possible Role of Macro- and Micronutrient Imbalance in the Pathogenesis of Obesity in Women]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*, 2008, no. 5a(28), pp. 54–57.
24. Kudrin A.V., Skal'nyy A.V., Zhavoronkov A.A., Skal'naya M.G., Gromova O.A. *Immunofarmakologiya mikroelementov* [Immunopharmacology of Trace Elements]. Moscow, 2000.
25. Yanagisawa H. Zinc Deficiency and Clinical Practice. *JMAJ*, 2004, vol. 47, no. 8, pp. 359–364.
26. Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Sovremennye predstavleniya o mekhanizмах formirovaniya severnogo stressa u cheloveka v vysokikh shirotakh [Modern Concepts of the Mechanisms Forming Northern Stress in Humans in High Latitudes]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 1, pp. 3–11.

27. Potolitsyna N.N., Boyko E.R. Sravnitel'nyy analiz metabolicheskogo i vitaminnogo statusa u professional'nykh voditeley razlichnogo avtotransporta na Evropeyskom Severe [A Comparative Analysis of the Metabolic and Vitamin Status of Professional Drivers in the European North]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2015, no. 2, pp. 92–98.

doi 10.17238/issn2308-3174.2015.4.116

Korchina Tatyana Yakovlevna

Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Khanty-Mansiysk, Russia)

Korchin Vladimir Ivanovich

Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Khanty-Mansiysk, Russia)

Lubyako Elena Aleksandrovna

Postgraduate Student, Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Khanty-Mansiysk, Russia)

PECULIARITIES OF THE ELEMENTAL STATUS IN PERSONS WITH METABOLIC SYNDROME LIVING IN THE NORTH (EXEMPLIFIED BY KHANTY-MANSIYSK)

This paper studied the elemental status of adult nonindigenous population living in the north-west of Russia: 72 patients with metabolic syndrome and 54 without metabolic syndrome. The patients' hair was analysed for 25 chemical elements using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and mass spectrometry (ICP-AES and ICP-MS). Patients with metabolic syndrome showed a significant excess of the concentration of Cd ($p = 0.028$) and Na ($p = 0.049$) in the hair, together with a pronounced deficiency of Cr ($p = 0.009$), Mg ($p = 0.006$), Se ($p < 0.001$) and Zn ($p = 0.007$), compared to the control group. We found that Cr, Mg and Zn are actively involved in the regulation of carbohydrate and lipid metabolism. Along with the powerful antioxidant Se, Cr and Zn are part of antioxidant enzymes (zinc- and chromium-dependent superoxide dismutases); the toxic trace element Cd is taking part in blocking SH-groups of proteins and displacing Zn and other bioelements from their compounds, while excessive accumulation of Na contributes to water imbalance and fluid retention in the body. Thus, mineral and trace element metabolism in the human body can be one of the triggers of pathological disorders and diseases, including metabolic syndrome. That is why the evaluation of the elemental status of the body can tell us about the effectiveness of its physiological systems and the risk of developing diseases and can be used in prenosological diagnostics. Moreover, timely treatment of trace element and mineral metabolism disorders can be one of the methods of pathogenetic treatment and prevention of both metabolic syndrome and related disorders: dyslipidemia, type II diabetes, hypertension, and others.

Keywords: *elemental status, elemental composition of hair, metabolic syndrome, northern region.*

Контактная информация:

Корчина Татьяна Яковлевна

адрес: 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40;

e-mail: t.korchina@mail.ru

Корчин Владимир Иванович

адрес: 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40;

e-mail: vikhmgmi@mail.ru

Лубяко Елена Александровна

адрес: 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40;

e-mail: e.a.lubyako@gmail.com