

## Нарушение содержания микроэлементов и металлов в крови у больных с метаболическим синдромом в зависимости от его компонентов

В.И. Подзолков, Т.В. Королева, М.Г. Кудрявцева

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

### Резюме

**Цель исследования.** Оценить содержание ряда «токсичных» (Al, Cd, Pb) и «эссенциальных» (Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Ni и Se) микроэлементов (МЭ) и металлов крови (МК) у больных метаболическим синдромом (МС) в зависимости от его отдельных компонентов.

**Материалы и методы.** Обследовано 112 больных МС (45 мужчин и 67 женщин; средний возраст  $61,4 \pm 7,2$  года, средняя продолжительность МС  $8,7 \pm 5,2$  года). Исследование МК проводилось путем атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП).

**Результаты и обсуждение.** При исследовании содержания МЭ и МК в целом в группе больных МС выявлены достоверно более высокие уровни «токсичных» МЭ – Al, Cd, Pb – наряду со снижением содержания «эссенциального» элемента Zn по сравнению с контрольной группой. При этом отмечена выраженная положительная корреляционная связь между фактом наличия МС и уровнем «токсичных» микроэлементов – Al ( $r=0,71$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,76$ ;  $p<0,05$ ) и Pb ( $r=0,67$ ;  $p<0,05$ ). Нами исследовалось содержание МЭ и МК в зависимости от дислипидемии. Анализ взаимосвязи уровня МК и показателей общего холестерина выявил достоверную положительную корреляционную связь с содержанием Cu ( $r=0,52$ ;  $p<0,05$ ), Fe ( $r=0,30$ ;  $p<0,05$ ), Cr ( $r=0,25$ ;  $p<0,05$ ), Al ( $r=0,34$ ;  $p<0,05$ ), Pb ( $r=0,43$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,34$ ;  $p<0,05$ ) и отрицательную с Zn ( $r=-0,24$ ;  $p<0,05$ ). При сравнении концентрации МЭ и МК у лиц, страдающих МС, в группах с нарушением углеводного обмена и с нормальной гликемией статистически значимые отличия выявлены в отношении 7 химических элементов. Получены достоверно более высокие уровни Fe, Cu, Cr, Al, Cd, Pb и низкие – Zn у больных МС с гипергликемией при сравнении с пациентами без гипергликемии.

**Заключение.** У больных МС достоверно снижено содержание Zn и повышен уровень Al, Cd, Pb. При этом выявлена прямая корреляционная взаимосвязь между содержанием Fe, Cu, Cr, Al, Pb, Cd и уровнями общего холестерина, ЛПНП и ТГ и обратная взаимосвязь с уровнем Zn. Отмечено достоверное повышение уровней Fe, Cu, Cr, Al, Pb, Cd и снижение уровня Zn у больных МС с нарушением углеводного обмена.

*Ключевые слова:* метаболический синдром, микроэлементы и металлы крови, дислипидемия, нарушение углеводного обмена, общий холестерин, плазменные факторы микроциркуляции.

*Для цитирования:* Подзолков В.И., Королева Т.В., Кудрявцева М.Г. Нарушение содержания микроэлементов и металлов в крови у больных с метаболическим синдромом в зависимости от его компонентов. *Терапевтический архив.* 2019; 91 (10): 70–75. DOI: 10.26442/00403660.2019.10.000342

## Abnormal values of trace elements and blood metals in patients with metabolic syndrome, depending on its components

V.I. Podzolkov, T.V. Korolyova, M.G. Kudryavtseva

Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

**Aim.** To study the level of “toxic” (Al, Cd, Pb) and “essential” (Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, and Se) trace elements (TE) and blood metals (BM) in patients with metabolic syndrome (MS), depending on its individual components.

**Materials and methods.** 112 patients with MS were examined (45 men and 67 women; average age  $61.4 \pm 7.2$  years, average duration of MS  $8.7 \pm 5.2$  years). The study of BM was carried out by atomic emission spectrophotometry with inductively coupled plasma.

**Results and discussion.** To study the amount of TE and BM in the group of MS patients, it was significantly higher levels of “toxic” MEs – Al, Cd, Pb – were revealed along with a decrease in the content of the “essential” Zn element as compared to the control group. At the same time, a pronounced positive correlation between the fact of the presence of MS and the level of “toxic” microelements – Al ( $r=0.71$ ;  $p<0.05$ ), Cd ( $r=0.76$ ;  $p<0.05$ ) and Pb ( $r=0.67$ ;  $p<0.05$ ). We studied the content of TE and BM depending on dyslipidemia. An analysis of the relationship between the BM level and total cholesterol showed a significant positive correlation with the content of Cu ( $r=0.52$ ;  $p<0.05$ ), Fe ( $r=0.30$ ;  $p<0.05$ ), Cr ( $r=0.25$ ;  $p<0.05$ ), Al ( $r=0.34$ ;  $p<0.05$ ), Pb ( $r=0.43$ ;  $p<0.05$ ), Cd ( $r=0.34$ ;  $p<0.05$ ) and negative with Zn ( $r=-0.24$ ;  $p<0.05$ ). When comparing the concentrations of TE and BM in individuals suffering from MS in groups with impaired carbohydrate metabolism and with normal glycemia, statistically significant differences were revealed with respect to 7 chemical elements. Significantly higher levels of Fe, Cu, Cr, Al, Cd, Pb and low Zn were obtained in MS patients with hyperglycemia when compared with patients without hyperglycemia.

**Conclusion.** In patients with MS, the level of Zn was significantly reduced and the level of Al, Cd, Pb was increased. In this case, a direct correlation between the content of Fe, Cu, Cr, Al, Pb, Cd and the levels of total cholesterol, LDL and TG and an inverse relationship with the level of Zn was revealed. A significant increase in the levels of Fe, Cu, Cr, Al, Pb, Cd and a decrease in the level of Zn in MS patients with impaired carbohydrate metabolism were noted.

*Keywords:* metabolic syndrome, trace elements and blood metals, dyslipidemia, impaired carbohydrate metabolism, total cholesterol, plasma microcirculation factors.

*For citation:* Podzolkov V.I., Korolyova T.V., Kudryavtseva M.G. Abnormal values of trace elements and blood metals in patients with metabolic syndrome, depending on its components. *Therapeutic Archive.* 2019; 91 (10): 70–75. DOI: 10.26442/00403660.2019.10.000342

ИСП – индуктивно-связанная плазма  
ЛПВП – липопротеиды высокой плотности  
ЛПНП – липопротеиды низкой плотности  
МК – металлы крови  
МС – метаболический синдром  
МЭ – микроэлементы

ОТ – окружность талии  
ОХС – общий холестерин  
ТГ – триглицериды  
ФК – функциональный класс  
HbA1c – гликированный гемоглобин

## Введение

Хорошо известно, что микроэлементы (МЭ) выступают как необходимые катализаторы различных биохимических процессов, им отводится значительная роль в адаптации организма [1]. Несмотря на то что МЭ и металлы крови (МК) содержатся в организме в очень малых количествах, в пределах  $10^{-3}$  –  $10^{-2}$  %, они являются важнейшими компонентами системы, участвующей в регулировании жизненных функций организма [2, 3]. Выделяют «эссенциальные» МЭ и МК, такие как Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Mn, и «токсичные» МЭ, к которым относят Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba. При отсутствии или недостаточном поступлении «эссенциальных» МЭ нарушается нормальная жизнедеятельность организма, в то время как длительное воздействие «токсичных» МЭ приводит к увеличению в плазме крови маркеров воспаления, таких как С-реактивный белок, гомоцистеин и фибриноген [4]. В связи с этим ряд исследователей полагают, что, являясь плазменными факторами микроциркуляции, «токсичные» МЭ могут быть ранними предикторами развития сердечно-сосудистой патологии [5]. Наряду с этим отмечено, что самые высокие показатели маркеров воспаления регистрируются у лиц с избыточной массой тела [6].

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых, выполненных на клеточном, тканевом и организменном уровнях, а также клинко-биохимические наблюдения неопровержимо указывают на то, что имеющие место сдвиги в обмене биоэлементов при атеросклерозе, нарушениях углеводного и липидного обменов, некоторых эндокринных и сердечно-сосудистых заболеваниях являются звеньями патогенеза данных состояний [5]. Согласно немногочисленным данным литературы, при метаболическом синдроме (МС) также выявлены нарушения в микроэлементном статусе организма [7]. В связи с этим наряду с исследованием классических факторов риска сердечно-сосудистой патологии в последние годы учеными все чаще рассматривается роль МЭ и МК как одного из возможных механизмов развития МС и сердечно-сосудистых заболеваний [8].

**Цель** настоящей работы – оценка содержания ряда «токсичных» (Al, Cd, Pb) и «эссенциальных» (Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Ni и Se) МЭ и МК у больных МС в зависимости от его отдельных компонентов.

## Материалы и методы

В исследование включено 112 больных МС (45 мужчин и 67 женщин; средний возраст  $61,4 \pm 7,2$  года, средняя продолжительность МС  $8,7 \pm 5,2$  года). В группу контроля включены 25 человек (10 мужчин и 15 женщин) без сердечно-сосудистых и других заболеваний, сопоставимых с группой больных МС по основным демографическим показателям (табл. 1).

**Таблица 1.** Клиническая характеристика обследованных групп

Показатель	Основная группа (больные с МС) (n=112)	Группа контроля (здоровые лица) (n=24)	p
Возраст, годы	61,4±16,2	52,2±7,8	>0,05
Пол (муж/жен), %	45/55	33/67	>0,05
Время с момента постановки диагноза МС, годы	8,7±5,2	–	–
АГ, %	100	–	–
Степень АГ 1/2/3-я, %	5/33/62	–	–
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	30,9±6,2	24,05±2,2	<0,05
Степень ожирения, %:			
I (ИМТ 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> )	45	8	<0,05
II (ИМТ 35–39,9 кг/м <sup>2</sup> )	39	2	
III (ИМТ >40 кг/м <sup>2</sup> )	16	–	
ДЛ, %	100	11	–
Нарушения углеводного обмена, %	86	–	–
Количество критериев МС, 3/4, %	32/68	–	–
Гиперфибриногенемия, %	16	–	–

*Примечание.* АГ – артериальная гипертензия, ИМТ – индекс массы тела, ДЛ – дислипидемия.

**Таблица 2.** Уровни МЭ и МК у больных МС и в группе контроля

МЭ и МК, мкг/л	Больные МС, M±m (n=112)	Контроль, M±m (n=24)	p
«Эссенциальные»			
Fe	1354±427	846,3±215,2	<0,05
Cu	1022±152	762,9±184,3	<0,05
Zn	707,2±121,1	1147,1±54,2	<0,05
Co	0,24±0,13	0,27±0,09	>0,05
Cr	0,838±0,25	0,36±0,11	<0,05
Ni	0,179±0,11	0,26±0,13	>0,05
Se	72,9±15,6	80,0±10,2	>0,05
«Токсичные»			
Al	3,85±1,8	0,7±0,23	<0,05
Cd	0,075±0,03	0,013±0,01	<0,05
Pb	0,131±0,08	0,042±0,014	<0,05

*Сведения об авторах:*

Подзолков Валерий Иванович – д.м.н., проф., зав. каф. факультетской терапии №2 лечебного факультета, директор терапевтической клиники Университетской больницы №4

Королева Татьяна Вениаминовна – д.м.н., проф. каф. факультетской терапии №2 лечебного факультета

*Контактная информация:*

Кудрявцева Мария Георгиевна – ассистент каф. факультетской терапии №2 лечебного факультета; тел.: +7(985)077-00-56; e-mail: mariya.georgievna@inbox.ru

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией о правах человека. Все больные дали согласие на участие в исследовании.

**Критерии включения** в основную группу: пациенты в возрасте 20–70 лет с диагностированным МС согласно критериям ВНОК/РМОАГ (2009), получающие стандартную терапию для коррекции клинических проявлений МС: антигипертензивные, сахароснижающие, гиполипидемические препараты [9].

**Критерии исключения** из исследования: наличие симптоматической АГ, острый коронарный синдром, нарушения сердечного ритма и проводимости, сердечная недостаточность III–IV функционального класса (ФК) по NYHA, тяжелые формы цереброваскулярной болезни, клинико-лабораторные проявления хронических заболеваний печени и почек, злокачественные новообразования, воспалительные заболевания любой локализации, анемии и эритроцитозы.

Всем пациентам проведено стандартное лабораторно-инструментальное обследование: клинический анализ крови, биохимический анализ крови – глюкоза, триглицериды (ТГ), общий холестерин (ОХС) и его фракции – липопротеиды низкой плотности (ЛПНП), липопротеиды высокой плотности (ЛПВП), гликированный гемоглобин (HbA1c); коагулограмма, электрокардиограмма.

Исследование МК проводилось путем атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП). Метод основан на измерении интенсивности излучения света, который испускается атомами, возбужденными индуктивно-связанной аргоновой плазмой (ИСП), на определенных длинах волн. ИСП является плазменным разрядом, возбуждаемым аргоновым током, и в дальнейшем поддерживается воздействием высокочастотного поля на ионизированный аргон.

При статистической обработке полученных результатов использовались стандартные статистические методы и пакет программ Statistica 10.0 (StstSoft Inc., США). Цифровые результаты описывались с указанием средней по совокупности  $M \pm$  стандартное отклонение ( $\sigma$ ). Для сравнения средних показателей между двумя независимыми выборками применяли тест Манна–Уитни. Достоверность различий между качественными показателями оценивалась с помощью критерия  $\chi^2$ . Достоверными считали результат статистических исследований при вероятности ошибки  $p < 0,05$ .

Клиническая характеристика обследованных групп представлена в **табл. 1**. Основная и контрольная группы достоверно не различались по возрасту и полу. У большинства представителей основной группы больных МС имелось 4 диагностических критерия МС (68%).

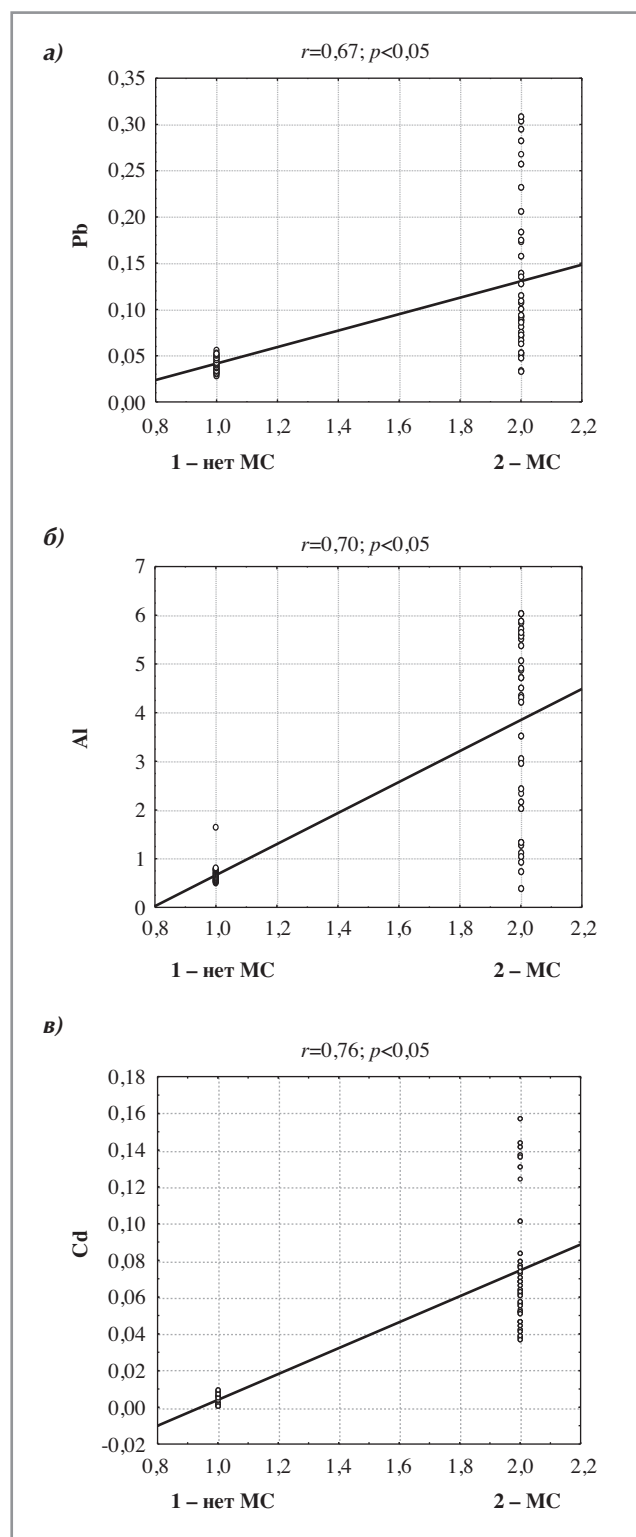
В основной обследуемой группе больных МС статистически значимо чаще выявлялись АГ, дислипидемия (ДЛ), нарушение углеводного обмена как ведущие компоненты МС (см. **табл. 1**).

## Результаты

При исследовании содержания МЭ и МК в целом в группе больных МС выявлялись достоверно более высокие уровни «токсичных» МЭ – Al, Cd, Pb – наряду со снижением содержания «эссенциального» элемента Zn по сравнению с контрольной группой (**табл. 2**).

При этом выявлена выраженная положительная корреляционная связь между фактом наличия МС и уровнем «токсичных» микроэлементов – Al ( $r=0,71$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,76$ ;  $p<0,05$ ) и Pb ( $r=0,67$ ;  $p<0,05$ ; **рис. 1**).

Полученные данные свидетельствуют о взаимосвязи нарушения микроэлементного обмена в виде увеличения содержания «токсичных» МЭ у больных МС.



**Рис. 1.** Зависимость уровня «токсичных» МЭ Pb (а), Al (б) и Cd (в) от наличия МС.

В соответствии с целью нашего исследования мы изучили зависимость уровней МЭ и МК от некоторых компонентов МС.

При изучении взаимосвязи МЭ и МК и величины ИМТ в целом по группе нами не получено статистически достоверных различий в уровне изучаемых показателей. Однако выборочный анализ зависимости МЭ и МК от величины окружности талии (ОТ) выявил положительную корреляционную связь с уровнем Cu ( $r=0,27$ ;  $p<0,05$ ), Cr ( $r=-0,35$ ;  $p<0,05$ ), Al

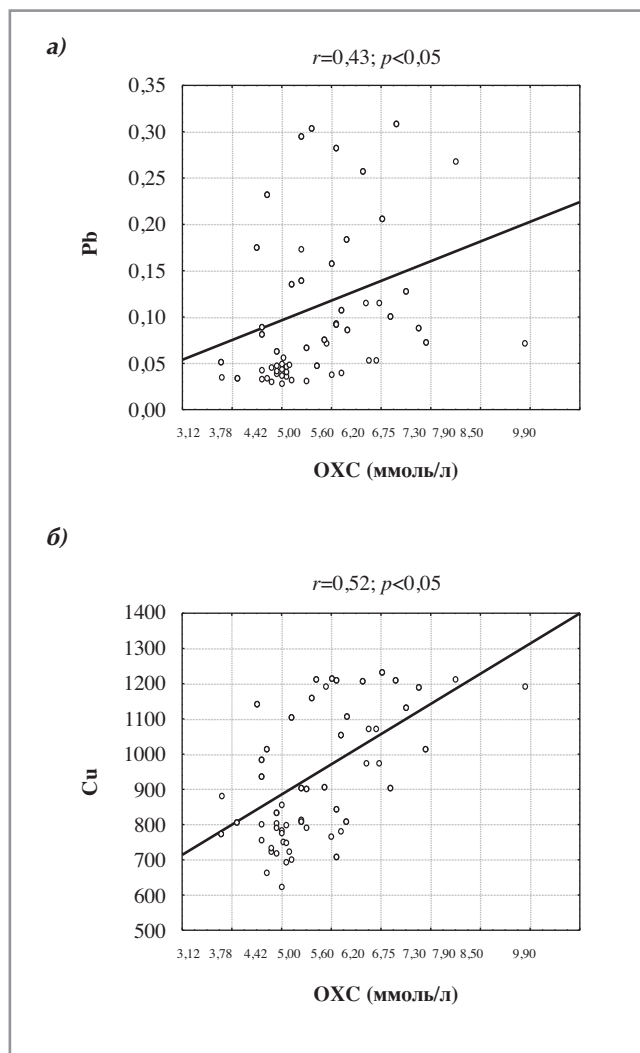


Рис. 2. Зависимость уровня Pb (а) и Cu (б) от показателей ОХС.

( $r=0,29$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,31$ ;  $p<0,05$ ) и Pb ( $r=0,43$ ;  $p<0,05$ ) и отрицательную с Zn ( $r=-0,29$ ;  $p<0,05$ ). Достоверных различий уровней Fe, Co, Se и Ni у больных МС с высокими значениями ОТ и контролем не обнаружено.

Нами исследовалось содержание МЭ и МК в зависимости от ДЛ. Анализ взаимосвязи уровня МК от показателей ОХС выявил достоверную положительную корреляционную связь с содержанием Cu ( $r=0,52$ ;  $p<0,05$ ), Fe ( $r=0,30$ ;  $p<0,05$ ), Cr ( $r=0,25$ ;  $p<0,05$ ), Al ( $r=0,34$ ;  $p<0,05$ ), Pb ( $r=0,43$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,34$ ;  $p<0,05$ ) и отрицательную с Zn ( $r=-0,24$ ;  $p<0,05$ ; **рис. 2**).

При исследовании зависимости уровней МЭ и МК от показателей ЛПВП получена достоверная положительная корреляционная связь с уровнями Zn ( $r=0,35$ ;  $p<0,05$ ) и Se ( $r=0,28$ ;  $p<0,05$ ) и отрицательная с Cu ( $r=-0,29$ ;  $p<0,05$ ), Al ( $r=-0,31$ ;  $p<0,05$ ) и Pb ( $r=-0,27$ ;  $p<0,05$ ). Взаимосвязь между уровнями Fe, Co, Cr, Cd Ni была статистически не значимой.

При исследовании взаимосвязи уровня МЭ и МК от показателей ЛПНП получена достоверная положительная корреляционная связь с уровнями Fe ( $r=0,45$ ;  $p<0,05$ ), Cu ( $r=0,63$ ;  $p<0,05$ ), Cr ( $r=0,35$ ;  $p<0,05$ ), Al ( $r=0,30$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,37$ ;  $p<0,05$ ) и Pb ( $r=0,33$ ;  $p<0,05$ ; **рис. 3**) и отрицательная с Zn ( $r=-0,38$ ;  $p<0,05$ ). Взаимосвязь между уровнями Co, Se и Ni была статистически не значимой.

При исследовании взаимосвязи уровня МЭ и МК в зависимости от параметров ТГ достоверная положительная кор-

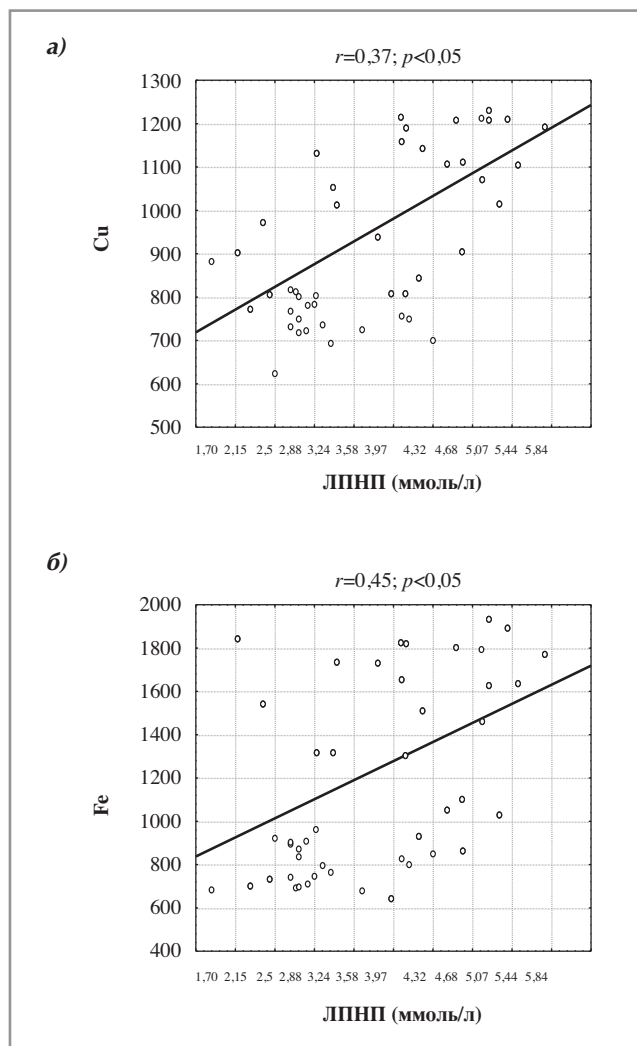


Рис. 3. Зависимость уровня Cu (а) и Fe (б) от показателей ЛПНП.

реляционная связь выявлена лишь с уровнем Se ( $r=0,25$ ;  $p<0,05$ ).

Полученные нами результаты свидетельствуют о взаимосвязи метаболизма МЭ и МК с нарушениями липидного обмена. Как видно из полученных данных, у «токсичных» МЭ и МК отмечалась положительная корреляционная связь с большинством атерогенных липидных фракций, в то время как с «эссенциальными» МЭ и МК отмечалась отрицательная корреляционная связь. Эти результаты согласуются с весьма многочисленными данными литературы о влиянии «токсичных» МЭ и МК на усиление модификации плазменных и клеточных липидов. Имеются сведения, что снижение «эссенциальных» МЭ и МК способствует нарушению системы антиоксидантной защиты, а это, в свою очередь, ускоряет процессы атерогенеза и развития сердечно-сосудистой патологии [3].

При сравнении концентрации МЭ и МК у лиц, страдающих МС, в группах с нарушением углеводного обмена и с нормальной гликемией статистически значимые отличия выявлены в отношении 7 химических элементов. Получены достоверно более высокие уровни Fe, Cu, Cr, Al, Cd, Pb и низкие – Zn у больных МС с гипергликемией при сравнении с пациентами без гипергликемии (**табл. 3**).

Уровни Co, Se, Ni статистически значимо не различались в подгруппах больных МС с наличием и отсутствием гипергликемии (**см. табл. 3**).



**Таблица 3. Уровни МЭ и МК у больных МС в зависимости от наличия нарушений углеводного обмена, мкг/л**

Металлы крови	Больные МС с нарушением углеводного обмена, $M \pm m$ (n=42)	Больные МС без нарушения углеводного обмена, $M \pm m$ (n=70)	<i>p</i>
«Эссенциальные»:			
Fe	1324±422	1125±437	<0,05
Cu	1012±158	886,6±180	<0,05
Zn	716±121	891±292	<0,05
Co	0,26±0,1	0,25±0,17	>0,05
Cr	0,8±0,3	0,6±0,3	<0,05
Se	74,3±10,0	74,6±17,3	>0,05
Ni	0,2±0,12	0,2±0,09	>0,05
«Токсичные»:			
Al	3,6±1,9	2,5±2,2	<0,05
Cd	0,07±0,03	0,04±0,04	<0,05
Pb	0,13±0,078	0,09±0,08	<0,05

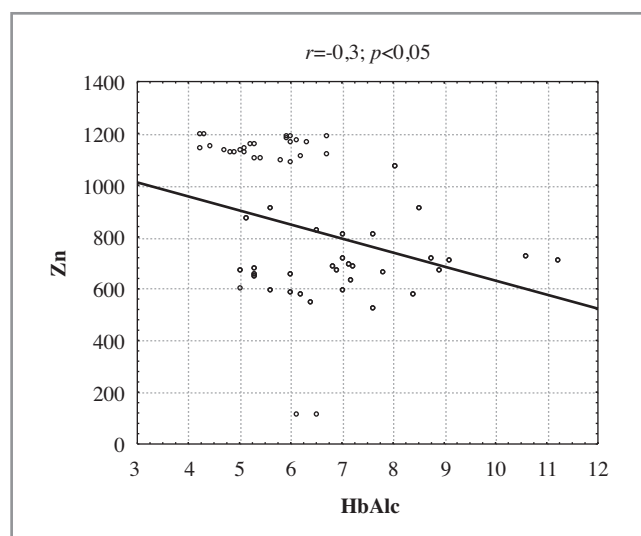
Анализ взаимосвязи уровня МЭ и МК и уровня HbA1c показал достоверную положительную корреляционную связь: Cu ( $r=0,30$ ;  $p<0,05$ ), Cr ( $r=0,26$ ;  $p<0,05$ ), Al ( $r=0,28$ ;  $p<0,05$ ), Pb ( $r=0,28$ ;  $p<0,05$ ), Cd ( $r=0,35$ ;  $p<0,05$ ) и отрицательную с Zn ( $r=-0,3$ ;  $p<0,05$ ; **рис. 4**).

Полученные результаты свидетельствуют, что у пациентов с нарушениями углеводного обмена содержание «токсичных» МЭ и МК достоверно выше, чем у лиц без гипергликемии.

Выявленное достоверное снижение содержания Zn, входящего в состав многих ферментов и являющегося важным «эссенциальным» элементом в организме человека, при нарушении углеводного обмена может свидетельствовать о нарушении обменных процессов, регулируемых инсулином, который, как известно, является цинксодействующим гормоном.

## Обсуждение

В проведенном исследовании выявлено достоверное повышенное содержание «токсичных» (Al, Cd, Pb) и снижение

**Рис. 4. Зависимость уровня «эссенциального» МЭ Zn от концентрации HbA1c.**

«эссенциального» МЭ (Zn) у больных МС. Так, при наличии МС уровень Al, Cd и Pb практически в 5 раз превышал показатели контрольной группы, а уровень Zn был на 40% ниже, чем у лиц без МС (**см. табл. 2**). Анализ изучаемых показателей от отдельных компонентов МС выявил разнонаправленные результаты – так, к примеру, если уровень «токсичных» МЭ и МК (Al, Pb) отрицательно коррелировал с величиной ЛПВП: Al ( $r=-0,31$ ;  $p<0,05$ ) и Pb ( $r=-0,27$ ;  $p<0,05$ ), то «эссенциальный» МЭ Zn проявлял положительную корреляционную связь ( $r=0,35$ ;  $p<0,05$ ) с данным параметром. Это может свидетельствовать о взаимосвязи таких клинических компонентов МС, как абдоминальное ожирение, липидные нарушения и расстройства углеводного обмена с микроэлементным метаболизмом. Следовательно, «токсичные» и «эссенциальные» МЭ и МК оказывали противоположный эффект на липидный обмен при МС.

Особый интерес вызывает наличие отрицательной корреляционной связи между уровнем Zn и показателем ОТ. В литературе имеются немногочисленные исследования, подтверждающие снижение уровня Zn у больных с ожирением [7]. Авторы объясняют это повышенной продукцией кортизола и адипоцитокінов в условиях избыточного накопления жировой ткани, что приводит к экспрессии цинкового транспортера ZipM и связанного с ним Zn и способствует снижению содержания последнего в плазме крови.

По данным А.П. Авцына и соавт., пониженные показатели Zn и Cr, входящих в состав антиоксидантных систем, у больных с ожирением и инсулинорезистентностью также свидетельствуют о взаимосвязи метаболических нарушений с расстройством микроэлементного состава крови, участвующего в процессах атерогенеза [2]. Согласно исследованиям указанной группы авторов, повышение содержания «токсичных» МЭ и МК приводит к активации перекисного окисления липидов, что также способствует развитию атеросклеротического поражения сосудов. Результаты нашей работы, выявившие повышение уровня «токсичных» (Al, Cd, Pb) МЭ и МК у больных МС, подтверждают взаимосвязь изучаемых показателей с ДЛ, которая составляет патогенетическую основу сердечно-сосудистой патологии, в том числе и при МС.

По результатам проведенного исследования, наибольшие изменения МЭ и МК (Fe, Cu, Zn, Cr, Al, Cd, Pb) выявлены при наличии нарушений углеводного обмена (**см. табл. 3**). Известно, что в условиях «хронической» гипергликемии происходят процессы гликозилирования как плазменных, так и находящихся на поверхности биомембран клеток, белково-липидных соединений [8]. Допускают, что МЭ и МК, входящие в состав многих белково-липидных биоактивных соединений, также могут подвергаться гликозилированию, что приводит к нарушению их содержания в организме [2]. Таким образом, наличие МС и таких его компонентов, как гиперлипидемия и гипергликемия, в значительной степени взаимосвязаны с метаболизмом МЭ и МК, что в ряде случаев требует их медикаментозной коррекции.

## Заключение

У больных МС достоверно снижено содержание Zn и повышен уровень Al, Cd, Pb. У больных МС с наличием ДЛ выявлена прямая корреляционная взаимосвязь между содержанием Fe, Cu, Cr, Al, Pb, Cd и уровнями ОХС, ЛПНП и ТГ и обратная взаимосвязь с уровнем Zn. Отмечено достоверное повышение уровней Fe, Cu, Cr, Al, Pb, Cd и снижение уровня Zn у больных МС с нарушением углеводного обмена.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Скальный А.В., Рудаков А.И. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век» – Мир, 2004. 272 с. [Skalny AV, Rudakov AI. Bioelements in medicine. Moscow: «Oniks 21 vek» – Mir, 2004. 272 p. (In Russ.)].
2. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с. [Avtsyn AP, Zhavoronkov AA, Rish MA, Strochkova LS. Human trace elements: etiology, classification, organopathology. Moscow: Meditsina, 1991. 496 p. (In Russ.)].
3. Subrahmanyam G, Pathapati RM, Ramalingam K, et al. Arterial Stiffness and Trace Elements in Apparently Healthy Population- A Cross-sectional Study. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(9):LC12-LC15. doi: 10.7860/JCDR/2016/21648.8548
4. Подзолков В.И., Королева Т.В., Брагина А.Е. и др. Изменения функционального состояния эритроцитов как компонент нарушения микроциркуляции при метаболическом синдроме. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии.* 2018;14(2):184-9 [Podzolkov VI, Koroleva TV, Bragina AE, et al. Change in the functional state of erythrocytes as a component of microcirculatory disorders in metabolic syndrome. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology.* 2018;14(2):184-9 (In Russ.)]. doi: 10/20996/1819-6446-2018-14-2-184-189
5. Choi HI, Ko HJ, Kim AS, Moon H. The Association between Mineral and Trace Element Concentrations in Hair and the 10-Year Risk of Atherosclerotic Cardiovascular Disease in Healthy Community-Dwelling Elderly Individuals. *Nutrients.* 2019 Mar 15;11(3). doi: 10.3390/nu11030637
6. Ghomari-Boukhatem H, Bouchoucha A, Makki K, Chenni K, et al. Blood pressure, dyslipidemia and inflammatory factors are related to body mass index in scholar adolescents. *Arch Med Sci.* 2017;13(1):46-52. doi: 10.5114/aoms.2017.64713
7. Fang C, Wu W, Gu X, et al. Association of serum copper, zinc and selenium levels with risk of metabolic syndrome: A nested case-control study of middle-aged and older Chinese adults. *J Trace Elem Med Biol.* 2019 Mar;52:209-15. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.12.017
8. Morishta M, Thompson KC. Understanding air pollution and cardiovascular diseases: is it preventable? *Curr Cardiovasc Risk Rep.* 2015;9(6):30 doi: 10/1007/s12170-015-0458-1
9. Мычка В.Б., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Рекомендации экспертов Всероссийского научного общества кардиологов по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). *Доктор.ру.* 2010;(3):15-8 [Mychka VB, Zhernakova YuV, Chazova IE. Recommendations of experts of the All-Russian Scientific Society of Cardiology for the diagnosis and treatment of metabolic syndrome (second revision). *Doktor.ru.* 2010;(3):15-8 (In Russ.)].

Поступила 22.04.2019