



Микроэлементный состав волос больных с синдромом зависимости от психоактивных веществ на реабилитационно-противорецидивном этапе лечения

©Г.А. Ермакова, И.М. Быков*, К.А. Попов, Д.А. Любченко, А.Г. Завгородняя, А.Н. Столярова

Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

* И.М. Быков, Кубанский государственный медицинский университет, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ilya.bh@mail.ru

Поступила в редакцию 18 июня 2025 г. Исправлена 23 июля 2025 г. Принята к печати 31 июля 2025 г.

Резюме

Актуальность: В настоящее время изучены основные изменения микроэлементного статуса у лиц, употребляющих алкоголь и другие психоактивные вещества, а также основные механизмы и последствия этих изменений. Это обуславливает целесообразность дальнейших исследований для оценки возможности мониторинга развития и течения синдрома зависимости, контроля эффективности терапии и реабилитации.

Цель: Охарактеризовать особенности микроэлементного состава волос у больных с синдромом зависимости от алкоголя и психостимуляторов в первые 3 мес. реабилитационного периода.

Материалы и методы: Исследование проведено с участием трех групп испытуемых: контрольной группы (n=30 здоровых добровольцев), группы больных с синдромом зависимости от алкоголя (n=35) и группы больных с синдромом зависимости от психостимуляторов (n=31). Биоматериал (волосы) собирали на двух этапах: при поступлении больных в лечебно-профилактическое учреждение для прохождения курса реабилитации и через 3 мес. после его начала. Микроэлементный состав волос определяли методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ОЭС-ИСП).

Результаты: У больных с синдромом зависимости от алкоголя на исходном этапе наблюдения было выявлено снижение содержания кальция в 2,0 раза и увеличение уровня марганца в 2,7 раза по сравнению с контрольной группой. Через 3 месяца после начала реабилитации наблюдался рост содержания кальция до контрольных значений. Концентрация железа возрастала в 4,1 раза относительно исходного значения. Содержание марганца оставалось увеличенным в 3,6 раза. У больных с синдромом зависимости от психостимуляторов на исходном этапе было выявлено увеличение содержания марганца в 2,7 раза, через 3 мес. – в 4,7 раза по сравнению с контрольной группой. Анализ подгрупп больных с алкогольной зависимостью показал, что в подгруппе, сохранившей воздержание от употребления алкоголя, исходный уровень железа был выше в 3,4 раза, а цинка – на 23% выше, чем в подгруппе лиц, у которых был зафиксирован рецидив употребления этанола.

Заключение: У больных с синдромом зависимости от психоактивных веществ была характерна высокая концентрация марганца. В остальном лабораторная картина была близка к контрольным значениям. Анализ зависимости микроэлементного состава от наступления рецидива употребления алкоголя показал, что с этим событием ассоциировано более низкое содержание железа и цинка в волосах.

Ключевые слова: синдром зависимости, алкоголь, психостимуляторы, реабилитация, микроэлементы, волосы

Цитировать: Ермакова Г.А., Быков И.М., Попов К.А., Любченко Д.А., Завгородняя А.Г., Столярова А.Н. Микроэлементный состав волос больных с синдромом зависимости от психоактивных веществ на реабилитационно-противорецидивном этапе лечения. *Инновационная медицина Кубани.* 2025;10(3):52–58. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-3-52-58>

Microelement Composition of Hair in Patients with Psychoactive Substance Dependence Syndrome at the Rehabilitation and Relapse-Prevention Stage

©Galina A. Ermakova, Iliya M. Bykov*, Konstantin A. Popov, Dmitry A. Lubchenko, Anna G. Zavgorodnyaya, Anzhela N. Stolyarova

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

* Iliya M. Bykov, Kuban State Medical University, ulitsa Mitrofana Sedina 4, Krasnodar, 350063, Russian Federation, ilya.bh@mail.ru

Received: June 18, 2025. Received in revised form: July 23, 2025. Accepted: July 31, 2025.



Abstract

Background: Currently, the primary laboratory profile of trace element status in individuals consuming alcohol and other psychoactive substances, as well as the main mechanisms and consequences of these changes, is well understood. It substantiates the need for further research development for assessing the potential to monitoring the development and progression of dependence syndrome and evaluating the effectiveness of therapy and rehabilitation.

Objective: To characterize the features of the trace element composition of hair in patients with alcohol and psychostimulant dependence syndrome during the first three months of the rehabilitation period.

Materials and methods: The study involved three groups of subjects, including a group of 30 healthy volunteers. The second group (n=35) consisted of patients with alcohol dependence syndrome, the third group (n=31) included patients with psychostimulant dependence syndrome. Biological samples were collected at two stages of the study: upon admission of patients to a medical and preventive institution for rehabilitation and 3 months after its start. The trace element composition in subjects' hair was determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry.

Results: At baseline, patients with alcohol dependence syndrome were characterized by a 2.0-fold decrease in calcium levels and a 2.7-fold increase in manganese levels in their hair. Three months after the start of rehabilitation, calcium levels increased to within the control range. Iron concentration increased 4.1-fold relative to baseline. Manganese levels remained elevated with a 3.6-fold increase. In patients with psychostimulant dependence syndrome, manganese levels were elevated 2.7-fold at baseline and 4.7-fold after three months. Distribution of the second group into subgroups made it possible to establish that in the abstinent subgroup from alcohol consumption, the baseline iron levels were 3.4 times higher, and zinc levels were 23% higher compared to the subgroup of individuals who experienced ethanol relapse.

Conclusions: Patients with psychoactive substance dependence syndrome were characterized by high manganese concentrations, otherwise, the laboratory profile was similar to control values. A detailed analysis revealed that the onset of alcohol relapse was associated with reduced levels of iron and zinc in hair.

Keywords: dependence syndrome, alcohol, psychostimulants, rehabilitation, trace elements, hair

Cite this article as: Ermakova GA, Bykov IM, Popov KA, Lubchenko DA, Zavgorodnyaya AG, Stolyarova AN. Microelement composition of hair in patients with psychoactive substance dependence syndrome at the rehabilitation and relapse-prevention stage. *Innovative Medicine of Kuban*. 2025;10(3):52–58. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-3-52-58>

Введение

В настоящее время описан широкий спектр патобиохимических процессов, сопровождающих развитие и течение синдрома зависимости от психоактивных веществ. Это и нарушение обмена нейромедиаторов, участвующих в обеспечении системы вознаграждения в ЦНС; дисбаланс нейропептидов и нейротрофинов; воспаление и окислительный стресс, в том числе нейровоспаление; нарушения гормонального баланса и др. [1–3]. В последнее время много внимания уделяется перспективе использования микроэлементов в качестве диагностических маркеров. С одной стороны, сложность идентификации специфических маркеров наркопатологии затрудняет внедрение новых лабораторных маркеров в клиническую практику, а с другой стороны до сих пор полностью не раскрыт диагностический потенциал маркеров состояния металл-лигандного гомеостаза [4]. Для оценки состояния последнего проводят анализ микроэлементного состава биологических жидкостей, в том числе крови и ее компонентов, а также волос и ногтей. Использование волос для анализа микроэлементного состава методологически проще и позволяет получить результаты, связанные с хроническими изменениями обмена веществ и накопления токсических элементов, поэтому подходит для диагностики длительно развивающегося синдрома зависимости и контроля его многомесячной реабилитации [5, 6]. Ранее было показано, что зависимость от алкоголя ассоциирована со снижением уровня цинка и селена, с увеличением содержания меди, железа и никеля в крови и печени [7, 8]. Алкоголизм более того считается одной из основных

причин высокой концентрации железа в организме. Гипомагниемия – часто встречающееся электролитное расстройство в условиях злоупотребления наркотиками и алкоголем [9, 10]. Имеются отдельные, часто противоречивые сведения об изменениях уровня марганца и некоторых других микроэлементов у лиц, злоупотребляющих психоактивными веществами [7].

Сопоставимые данные получены как в клинических, так и в экспериментальных исследованиях, что указывает на неслучайный характер изменений и наличие универсальных патобиохимических изменений баланса микроэлементов при формировании зависимости от психоактивных веществ. Механизмом влияния хронического употребления алкоголя на электролитный баланс и уровень микроэлементов в сыворотке крови и тканях считается развитие дисфункции пищеварительного тракта и мальабсорбция, нарушение мочевыделительной функции, неполноценная диета с недостатком витаминов и минералов, что отражается в общем недоедании [11].

Таким образом, в настоящее время понятен основной профиль лабораторных изменений микроэлементного статуса у лиц, употребляющих алкоголь, а также основные механизмы и последствия таких изменений, что обуславливает целесообразность дальнейшего развития исследований для оценки возможности использования мониторинга развития и течения синдрома зависимости от алкоголя, контроля эффективности терапии и реабилитации. Недостаток данных в современной литературе об изменении аналогичных маркеров у больных, употребляющих другие типы психоактивных веществ, в частности, подчеркивает

необходимость дальнейших исследований психостимуляторов. Однако с учетом схожих механизмов развития химических аддикций и высокой социальной значимостью данной нозологической формы представляет интерес определение изменений микроэлементного состава у больных с зависимостью от алкоголя и психостимуляторов. В качестве биосубстрата для анализа были выбраны волосы, которые как было указано лучше отражают хронические изменения обмена веществ и, на наш взгляд, могут представить более ценную диагностическую информацию в процессе мониторинга реабилитации больных наркологического профиля.

Цель

Охарактеризовать особенности микроэлементного состава волос у больных с синдромом зависимости от алкоголя и психостимуляторов в первые 3 мес. реабилитационного периода.

Материалы и методы

Исследование проведено с участием 3-х групп испытуемых лиц, включая группу из 30 здоровых добровольцев (контрольная группа, 1-я группа). 2-я группа (n=35) была представлена больными с синдромом зависимости от алкоголя (диагноз: F10.252 Синдром зависимости в результате употребления алкоголя, 2 ст, систематическое употребление), в 3-ю группу (n=31) были включены больные с синдромом зависимости от психостимуляторов (диагноз: F15.252 Синдром зависимости от психостимуляторов, 2 стадия, систематическое употребление). Все испытуемые лица были представлены мужчинами возрастом 24–40 лет, длительность употребления психоактивных веществ составляла 3–15 лет.

Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (протокол № 96 от 29 января 2021 г.) и осуществлено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации (2013) и Федеральным законом Российской Федерации № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 г. «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

Для проведения лабораторных исследований у испытуемых лиц осуществляли сбор волос. Волосы стригали с 3–4-х участков головы максимально близко к коже. Лица с окрашенными волосами исключались из исследования. Биоматериал собирали на 2-х этапах наблюдения: при поступлении больных в лечебно-профилактическое учреждение для прохождения курса реабилитационно-противорецидивного лечения и через 3 мес. после его начала. Больные наблюдались на базе ГБУЗ «Краевой наркологический диспансер» МЗ КК (г. Краснодар).

Аналитические работы были выполнены в соответствии с методическими рекомендациями МУК

4.1.1482-03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой».

Образцы были промыты ацетоном, высушены и взвешены. Каждый образец был помещен в стерильные полипропиленовые контейнеры и было добавлено 2 мл сверхчистой 65%-й азотной кислоты. Затем образцы были перемещены в закрытые тefлоновые контейнеры и подвергнуты минерализации при 180 °С с использованием микроволновой системы пробоподготовки PreeKem M3 (Preekem Scientific Instruments Co., Ltd, Китай).

Для определения микроэлементного состава использовали метод оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой с применением спектрометра ICP-OES Plasma 3000 (NCS Testing Technology, Китай). Ввод пробы через циклонную распылительную камеру, распылительный поток 0,75 л/мин; настройки измерения – мощность генератора 1150 Вт. Подача образцов через автосемплер. Для калибровки использовали коммерческие аналитические стандарты МЭС-1, партия 123-3 (ООО НПП «Скат», Россия) и МЭС-2, партия 223-2 (ООО НПП «Скат», Россия). Анализ повторяли три раза для каждого образца. Спектр определяемых элементов: Ca (396.847 нм), Cr (267.716 нм), Fe (238.204 нм), Mg (279.553 нм), Mn (257.610 нм), Zn (213.856 нм), Cu (327.396 нм), Ni (231.604 нм), Si (251.612 нм).

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием программы StatPlus (AnalystSoft Inc., США) – программа статистического анализа. Версия 7. См. www.analystsoft.com/ru/. Проверка на нормальность числовых характеристик полученных выборок включала определение критерия Шапиро-Уилка. Для сравнения выборок, которые не подчиняются нормальному закону распределения, использовали непараметрический аналог дисперсионного анализа – критерий Краскела-Уоллиса. В случае обнаружения статистически значимых различий между группами, дополнительно проводилось парное сравнение совокупностей при помощи апостериорного критерия Данна. Оценку взаимосвязи показателей проводили путем расчёта коэффициента корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований был определен ряд немногочисленных статистически значимых различий показателей больных 2–3 групп от значений соответствующих показателей контрольной группы. При этом следует отметить, что больные наблюдались на этапе реабилитации, который следовал за этапом

дезинтоксикационно-стабилизационного лечения. Данный этап терапии включает использование антипсихотических препаратов, инфузионную дезинтоксикацию, гепатопротекторную терапию, применение витаминов и др. лекарственных препаратов на протяжении 3-х недель. Таким образом, к началу исследования больные находились уже в стадии ремиссии, характеризующейся отказом от употребления психоактивных веществ на протяжении около месяца. Этот фактор может обуславливать некоторые отличия данных, представленных в настоящем исследовании от литературных.

Для больных с синдромом зависимости от алкоголя на исходном этапе наблюдения было характерно сниженное содержание кальция в 2,0 раза и увеличенный в 2,7 раза уровень марганца в волосах относительно контрольной группы (табл. 1). Спустя 3 мес. после начала реабилитации наблюдался рост уровня кальция в волосах, который теперь соответствовал контрольным значениям. Концентрация железа возрастала в 4,1 раза относительно своего исходного значения. Содержание

марганца оставалось увеличенным, медианное значение данного показателя 2 группы в 3,6 раза превышало значение соответствующего показателя здоровых добровольцев 1-й группы. Дополнительно на этом этапе регистрировалось снижение содержания цинка на 32% относительно своего исходного уровня. Остальные показатели находились в пределах контрольного уровня, можно также отметить характерную широкую вариабельность данных. Отдельно следует отметить очень большую вариабельность содержания железа на исходном этапе, которая у ряда пациентов 2-й группы превышала нормальный уровень в 3–5 раз.

Определение аналогичного спектра микроэлементного состава волос у больных с синдромом зависимости от психостимуляторов продемонстрировало практически полное соответствие лабораторной картине контрольной группы (табл. 2). Только для содержания марганца было характерно увеличенное значение как на исходном этапе в 2,7 раза, так и через 3 мес. после начала реабилитации – в 4,7 раза. По данному

Таблица 1
Содержание некоторых микроэлементов в волосах больных с синдромом алкогольной зависимости (Me(p25/p75))

Content of selected trace elements in the hair of patients with alcohol dependence syndrome (Me (Q1/Q3))

Исследуемые показатели	Исследуемые группы / этапы наблюдения		
	1 (контроль)	2 (СЗ от алкоголя)	
		исходные данные	через 3 мес.
Ca, мкг/г	1056 (594/1619)	519 (370/628)*	887 (405/1079)^
Cr, мкг/г	0,6 (0,4/1,0)	0,4 (0,3/0,9)	0,4 (0,3/0,7)
Fe, мкг/г	17 (11/24)	30 (10/68)	122 (96/130)
Mg, мкг/г	88 (39/137)	89 (53/142)	51 (38/111)
Mn, мкг/г	0,7 (0,3/1,1)	1,9 (1,1/3,7)*	2,5 (2,4/3,5)*
Zn, мкг/г	180 (155/206)	218 (178/257)	149 (130/172)*^
Cu, мкг/г	11 (9/14)	9 (8/13)	10 (9/12)
Ni, мкг/г	0,3 (0,2/0,4)	0,1 (0,0/0,3)	0,1 (0,1/0,2)*^
Si, мкг/г	24 (11/37)	27 (16/42)	38 (24/54)

Прим.: * статистически значимые различия от показателей контрольной группы; ^ статистически значимые различия от исходного значения показателей, СЗ – синдром зависимости

Note: *, statistically significant differences from the control group indicator; ^, statistically significant differences from the baseline, СЗ – dependence syndrome

Таблица 2
Содержание некоторых микроэлементов в волосах больных с синдромом зависимости от психостимуляторов (Me(p25/p75))

Table 2
Content of selected trace elements in the hair of patients with psychostimulant dependence syndrome (Me (Q1/Q3))

Исследуемые показатели	Исследуемые группы / этапы наблюдения		
	1 (контроль)	2 (СЗ от психостимуляторов)	
		исходные данные	через 3 месяца
Ca, мкг/г	1056 (594/1619)	616 (352/1162)	783 (554/889)
Cr, мкг/г	0,6 (0,4/1,0)	0,4 (0,2/0,7)	0,7 (0,5/1,1)
Fe, мкг/г	17 (11/24)	18 (4/35)	10 (7/14)
Mg, мкг/г	88 (39/137)	74 (51/119)	74 (64/81)
Mn, мкг/г	0,7 (0,3/1,1)	1,9 (0,9/3,2)*	3,3 (1,8/6,6)*
Zn, мкг/г	180 (155/206)	220 (171/272)	183 (147/227)
Cu, мкг/г	11 (9/14)	9 (8/11)	11 (9/22)
Ni, мкг/г	0,3 (0,2/0,4)	0,1 (0,1/0,3)	0,1 (0,1/0,2)
Si, мкг/г	24 (11/37)	20 (12/27)	20 (18/27)

Прим.: * статистически значимые различия от показателей контрольной группы

Note: *, statistically significant differences from the control group indicator

показателю прослеживается одинаковая закономерность для обеих изученных групп больных.

Микроэлементный состав волос может зависеть не только от нозологической формы в виде синдрома зависимости от психоактивных веществ. Несмотря на формулирование достаточно конкретного диагноза с уточнением стадии заболевания и формы употребления психоактивных веществ группы все же могут быть разнородными. Поэтому был проведен анализ корреляционных взаимосвязей содержания микроэлементов с такими параметрами как возраст и длительность употребления алкоголя или психостимуляторов. Во 2 группе больных с синдромом зависимости от алкоголя не было выявлено значимых корреляций между концентрациями микроэлементов, определенных в исследовании, с факторами возраста и длительности употребления психоактивного вещества. Аналогичные результаты были получены при анализе исходных данных больных 3-й группы.

Дополнительной возможностью для анализа данных является распределение групп больных на подгруппы, в зависимости от наступления рецидива к 3 мес. реабилитации. Обычно критерием эффективности реабилитационного процесса является нормализация психофизического состояния больных и ремиссия в течение не менее 6 мес., однако в ряде случаев рецидив наступает в самом начале терапии, что было зафиксировано в ряде случаев в настоящем исследовании. Во 2-й группе к 3 мес. наблюдений было зарегистрировано 11 случаев рецидива употребления алкоголя, в 3-й группе – только 3 случая срыва с возобновлением употребления психостимуляторов. Поэтому в 3-й группе распределение по подгруппам не было оправдано, однако для 2-й группы анализ был возможен. Детальный анализ группы больных с синдромом зависимости от психостимуляторов возможен при пролонгировании наблюдения более 3 мес. реабилитации и расширении объема выборки.

В результате проведенного анализа было установлено, что имеются статистически значимые различия содержания железа и цинка в волосах больных 2-й группы на этапе реабилитации в зависимости от будущего наступления рецидива (табл. 3). Для пациентов, которые в течение 3 мес. снова стали употреблять алкоголь, на исходном этапе наблюдения было характерно более низкое содержание железа и цинка. Содержание первого микроэлемента было в 3,4 раза ниже, а второго – на 23% в сравнении с подгруппой больных, которые поддерживали состояние ремиссии на протяжении 3 мес. наблюдения.

Ассоциации между употреблением этанола и нарушениями уровня железа и цинка достаточно давно известны [12, 13]. При этом доказано, что именно употребление алкоголя, а не особенности питания, образа жизни у разных категорий людей, наличие цирроза

Таблица 3

Содержание некоторых микроэлементов в волосах больных с синдромом зависимости от алкоголя, в зависимости от наступления рецидива в реабилитационном периоде (Me(p25/p75))

Table 3

Content of selected trace elements in the hair of patients with alcohol dependence syndrome according to relapse during the rehabilitation period (Me (Q1/Q3))

Исследуемые показатели	Исследуемые группы / этапы наблюдения	
	2 (СЗ от алкоголя), исходные данные	
	поддержание ремиссии через 3 месяца	рецидив через 3 месяца
Ca, мкг/г	524 (394/624)	520 (430/734)
Cr, мкг/г	0,5 (0,4/0,9)	0,3 (0,2/0,8)
Fe, мкг/г	47 (9/73)	14 (10/17)*
Mg, мкг/г	89 (61/150)	98 (43/131)
Mn, мкг/г	3,0 (1,1/4,2)	1,7 (0,7/2,1)
Zn, мкг/г	234 (201/289)	180 (146/214)*
Cu, мкг/г	10 (9/13)	9 (8/10)
Ni, мкг/г	0,2 (0,0/0,4)	0,1 (0,0/0,2)
Si, мкг/г	37 (24/45)	20 (11/31)

Прим.: * статистически значимые различия при сравнении показателей подгрупп, СЗ – синдром зависимости.

Note: *, statistically significant differences when comparing subgroup indicators, СЗ – dependence syndrome

печени, оказывает влияние на вышеперечисленные микроэлементы. Влияние алкоголя может быть обусловлено связью этанола с всасыванием глюкозы, глутамин, некоторых витаминов (тиамин, рибофлавин, фолат и аскорбиновая кислота) и микроэлементов (селен, железо и цинк) в тонком кишечнике [14, 15]. Данные большинства исследований указывают на увеличение скорости всасывания железа и селена, но снижении абсорбции цинка, кальция и магния у лиц, употребляющих высокие дозы этилового спирта. Некоторые данные указывают на то, что влияние этанола на всасывание железа может быть связано не только повышенной проницаемостью кишечника в ответ на действие спирта, но также посредством повышения регуляции дуоденального двухвалентного металлического транспортера-1 и ферропортина, специфического действия на ключевой регулятор обмена железа – гепсидин [16, 17]. Действие этанола связано с такими изменениями обмена железа как увеличение всасывания кишечного железа,

сывороточного ферритина и углеводдефицитного трансферрина, снижение сывороточного гепсидина, пониженные или неизменные уровни трансферрина, повышенные или неизменные уровни насыщения трансферрина и неизменные уровни растворимого трансферринового рецептора [16, 18]. В любом случае перечисленные эффекты этилового спирта, которые ответственны за изменения микроэлементного гомеостаза, должны оказывать влияние при условии хронического употребления алкоголя, в то время как в настоящем исследовании анализировались только на этапе реабилитации, которые как минимум в течение последнего месяца этанол не употребляли. Это хорошо соотносится с исходной лабораторной картиной, практически не отличающейся от данных у здоровых людей. Однако эти данные не позволяют оценить прогностическую значимость уровня железа и цинка у лиц, у которых в течение первых 3 мес. случился рецидив заболевания. Таким образом, высокий уровень железа и цинка в волосах пациентов с зависимостью от алкоголя ассоциирован с менее высоким риском рецидива употребления психоактивных веществ, однако причины и механизмы такой связи в настоящее время остаются неясными и могут быть предметом перспективных исследований.

Заключение

Впервые проведен мониторинг микроэлементного состава волос у больных с синдромом зависимости от алкоголя и психостимуляторов в процессе реабилитации. Для обеих групп пациентов было характерно повышенное содержание марганца по сравнению с контрольной группой, в то время как уровни остальных исследованных микроэлементов были близки к контрольным значениям. Анализ связи между микроэлементным составом и рецидивом употребления алкоголя показал, что наступление рецидива ассоциировано с более низким содержанием железа и цинка в волосах. Полученные данные подтверждают перспективность использования маркеров металл-лигандного гомеостаза для мониторинга реабилитационного процесса у больных наркологического профиля, а также указывают на возможность применения оценки уровней микроэлементов, таких как цинк и железо, для прогнозирования риска рецидива употребления психоактивных веществ. Необходимы дальнейшие исследования для подтверждения этих результатов и разработки практических рекомендаций по коррекции микроэлементного статуса в целях повышения эффективности реабилитации.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна исследования:

Г.А. Ермакова, И.М. Быков, К.А. Попов

Сбор, анализ и интерпретация данных: К.А. Попов, Д.А. Любченко, А.Г. Завгородняя, А.Н. Столярова

Подготовка и редактирование текста: И.М. Быков, Г.А. Ермакова

Утверждение окончательного варианта статьи:

Г.А. Ермакова, И.М. Быков, К.А. Попов, Д.А. Любченко, А.Г. Завгородняя, А.Н. Столярова

Author contributions

Concept and design: Ermakova, Bykov, Popov

Acquisition, analysis, or interpretation of data: Popov, Lubchenko, Zavgorodnyaya, Stolyarova

Manuscript drafting and revising: Bykov, Ermakova

Final approval of the version to be published: Ermakova, Bykov, Popov, Lubchenko, Zavgorodnyaya, Stolyarova

Литература/References

1. Алексеенко С.Н., Губарев С.В., Любченко Д.А., Редько А.Н. Современное состояние и динамика распространенности алкоголь-ассоциированной наркопатологии: ретроспективное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2022;29(1):14-31. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2022-29-1-14-31>
2. Алексеенко С.Н., Губарев С.В., Любченко Д.А., Редько А.Н. Современное состояние и динамика распространенности алкоголь-ассоциированной наркопатологии: ретроспективное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2022;29(1):14-31. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2022-29-1-14-31>
3. Быков И.М., Любченко Д.А., Попов К.А., Денисова Я.Е., Столярова А.Н., Попова М.А. Изменения показателей прооксидантно-антиоксидантной системы у больных с синдромом зависимости от наркотических веществ в реабилитационном периоде. *Инновационная медицина Кубани*. 2022;(2):31-36. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-2-31-36>
4. Быков И.М., Любченко Д.А., Попов К.А., Денисова Я.Е., Столярова А.Н., Попова М.А. Изменения показателей прооксидантно-антиоксидантной системы у больных с синдромом зависимости от наркотических веществ в реабилитационном периоде. *Инновационная медицина Кубани*. 2022;(2):31-36. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-2-31-36>
5. Ермакова Г.А., Быков И.М., Попов К.А., Попова М.А., Завгородняя А.Г., Курзанов А.Н., Есауленко Е.Е. Содержание белковых маркеров и гормонов в сыворотке крови и ротовой жидкости у больных с синдромом алкогольной зависимости. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;(4):38-43. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-4-38-43>
6. Ермакова Г.А., Быков И.М., Попов К.А., Попова М.А., Завгородняя А.Г., Курзанов А.Н., Есауленко Е.Е. Serum and Oral Fluid Levels of Protein Markers and Hormones in Patients with Alcohol Dependence Syndrome. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;(4):38-43. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-4-38-43>
7. Skalny AV, Mazaletskaia AL, Ajsuvakova OP, et al. Hair trace element concentrations in autism spectrum disorder (ASD) and attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *J Trace Elem Med Biol*. 2020;61:126539. PMID: 32438295. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126539>
8. Bali V, Khajuria Y, Maniyar V, et al. Quantitative analysis of human hairs and nails. *Biophys Rev*. 2023;15(3):401-417. PMID: 37396444. PMCID: PMC10310683. <https://doi.org/10.1007/s12551-023-01069-2>
9. Martinez-Morata I, Sobel M, Tellez-Plaza M, Navas-Acien A, Howe CG, Sanchez TR. A State-of-the-Science Review on Metal Biomarkers. *Curr Environ Health Rep*. 2023;10(3):215-249. PMID: 37337116. PMCID: PMC10822714. <https://doi.org/10.1007/s40572-023-00402-x>
10. Grochowski C, Blicharska E, Baj J, et al. Serum iron, Magnesium, Copper, and Manganese Levels in Alcoholism: A Systematic

Review. *Molecules*. 2019;24(7):1361. PMID: 30959950. PMCID: PMC6480471. <https://doi.org/10.3390/molecules24071361>

8. Saribal D, Hocaoglu-Emre FS, Karaman F, Mirsal H, Akyolcu MC. Trace Element Levels and Oxidant/Antioxidant Status in Patients with Alcohol Abuse. *Biol Trace Elem Res*. 2020;193(1):7-13. PMID: 30805875. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01681-y>

9. Ordak M, Maj-Zurawska M, Matsumoto H, et al. Ionized magnesium in plasma and erythrocytes for the assessment of low magnesium status in alcohol dependent patients. *Drug Alcohol Depend*. 2017;178:271-276. PMID: 28683422. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2017.04.035>

10. Vanoni FO, Milani GP, Agostoni C, et al. Magnesium Metabolism in Chronic Alcohol-Use Disorder: Meta-Analysis and Systematic Review. *Nutrients*. 2021;13(6):1959. PMID: 34200366. PMCID: PMC8229336. <https://doi.org/10.3390/nu13061959>

11. Baj J, Teresiński G, Forma A, et al. Chronic Alcohol Abuse Alters Hepatic Trace Element Concentrations-Metallomic Study of Hepatic Elemental Composition by Means of ICP-OES. *Nutrients*. 2022;14(3):546. PMID: 35276905. PMCID: PMC8838438. <https://doi.org/10.3390/nu14030546>

12. González-Reimers E, Alemán-Valls MR, Barroso-Guerrero F, et al. Hair zinc and copper in chronic alcoholics. *Biol Trace Elem Res*. 2002;85(3):269-275. PMID: 11934250. <https://doi.org/10.1385/bter:85:3:269>

13. Jones BC, Erikson KM, Mulligan MK, et al. Genetic differences in ethanol consumption: effects on iron, copper, and zinc regulation in mouse hippocampus. *Biometals*. 2021;34(5):1059-1066. PMID: 34176056. PMCID: PMC9833394. <https://doi.org/10.1007/s10534-021-00327-8>

14. Butts M, Sundaram VL, Murughiyan U, Borthakur A, Singh S. The Influence of Alcohol Consumption on Intestinal Nutrient Absorption: A Comprehensive Review. *Nutrients*. 2023;15(7):1571. PMID: 37049411. PMCID: PMC10096942. <https://doi.org/10.3390/nu15071571>

15. Uzdicki AW, Zych A, Świerad BA, Wawrzynowicz-Syczewska M. The role of vitamin and microelement supplementation in the treatment of ethanol-induced liver disease. *Prz Gastroenterol*. 2022;17(4):253-256. PMID: 36514453. PMCID: PMC9743330. <https://doi.org/10.5114/pg.2022.121820>

16. Ferrao K, Ali N, Mehta KJ. Iron and iron-related proteins in alcohol consumers: cellular and clinical aspects. *J Mol Med (Berl)*. 2022;100(12):1673-1689. PMID: 36214835. PMCID: PMC9691479. <https://doi.org/10.1007/s00109-022-02254-817>

17. Varghese J, James JV, Sagi S, et al. Decreased hepatic iron in response to alcohol may contribute to alcohol-induced suppression of hepcidin. *Br J Nutr*. 2016;115(11):1978-1986. PMID: 27080262. <https://doi.org/10.1017/s0007114516001197>

18. Ribot-Hernández I, Martín-González C, Vera-Delgado V, et al. Prognostic Value of Serum Iron, Ferritin, and Transferrin in Chronic Alcoholic Liver Disease. *Biol Trace Elem Res*. 2020;195(2):427-435. PMID: 31486016. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01887-0>

Сведения об авторах

Ермакова Галина Алексеевна, к. м. н., доцент кафедры психиатрии и наркологии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-6473-3594>

Быков Илья Михайлович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой фундаментальной и клинической биохимии,

Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1787-0040>

Попов Константин Андреевич, к. м. н., доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3649-1361>

Любченко Дмитрий Александрович, к. м. н., доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9207-4546>

Завгородняя Анна Германовна, аспирант кафедры фундаментальной и клинической биохимии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3276-9733>

Столярова Анжела Николаевна, ассистент кафедры фундаментальной и клинической биохимии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5817-130X>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-20010, <https://rscf.ru/project/24-15-20010/>.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках проекта № 24-15-20010.

Author credentials

Galina A. Ermakova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Psychiatry and Narcology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-6473-3594>

Iliya M. Bykov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1787-0040>

Konstantin A. Popov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3649-1361>

Dmitry A. Lubchenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9207-4546>

Anna G. Zavgorodnyaya, Postgraduate student, Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3276-9733>

Anzhela N. Stolyarova, Assistant, Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5817-130X>

Conflict of interest: none declared.

Funding:

The study was conducted with funding from the Russian Science Foundation grant No. 24-15-20010, <https://rscf.ru/project/24-15-20010/>.

The study was financially supported by the Kuban Science Foundation under project No. 24-15-20010.